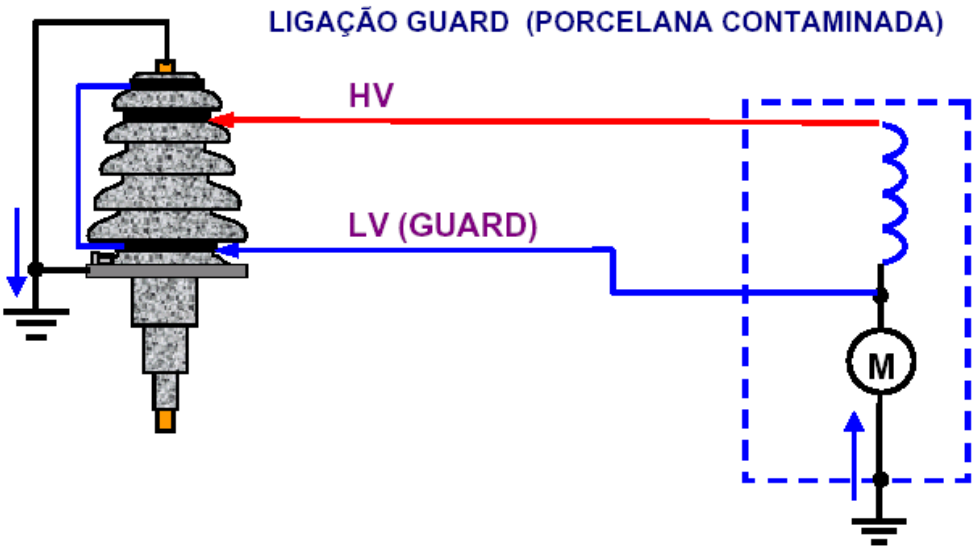
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
COORDENAÇÃO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉTRICA ENFASE: ELETROTÉCNICA



MANUTENÇÃO ELÉTRICA

(6ª Revisão em ajustes)

Prof. Marco Antonio Ferreira Finocchio

AGOSTO DE 2014

MANUTENÇÃO ELÉTRICA

NOTA DO PROFESSOR

Esta apostila é um material de apoio didático utilizado nas aulas de Manutenção Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus de Cornélio Procópio.

Este material não tem a pretensão de esgotar, tampouco inovar o tratamento do conteúdo aqui abordado, mas, simplesmente, facilitar a dinâmica de aula, com expressivo ganho de tempo e de compreensão do assunto por parte dos alunos. A complementação da disciplina ocorrerá através de exemplificações, notas de aula, trabalhos e discussões.

Este trabalho é um copilado de várias fontes com base nas referências, devidamente citadas na bibliografia, nos apontamentos de aula e na experiência do autor na abordagem do assunto. Esta experiência é baseada na atuação do profissional engenheiro de manutenção elétrica. Em se tratando de um material didático elaborado em uma Instituição Pública de Ensino, é permitida a reprodução do texto, desde que devidamente citada a fonte.

Quaisquer contribuições e críticas construtivas a este trabalho serão bem-vindas.

"Lauda parce et vitupera parcius".

Louva com moderação e censura com mais moderação ainda.

"In nomine XPI vicas semper".

Em nome de Cristo vencerás sempre.

Prof. Marco Antonio Ferreira Finocchio

mafinocchio@utfpr.edu.br

ÍNDICE:

01. INTRODUÇÃO 04

02. O CONCEITO ATUAL DE MANUTENÇÃO: TEROTECNOLOGIA 11

03. TIPOS DE MANUTENÇÃO 12

04. NOÇÕES SOBRE ORGANIZAÇÃO 18

05. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO 24

06. INFORMATIZAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO 31

07. SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA 33

08. MANUTENÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS 37

09. MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES 47

10. MANUTENÇÃO DE DISJUNTORES 52

11. NOÇÕES DE CONFIABILIDADE 54

12. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO P/ ECONOMIA DE ENERGIA 60

13. PREVENÇÃO DE PERDAS ATRÁVES DA TERMOGRAFICA 67

14. MEDIDAS DE TEMPERATURA SEM CONTATO 77

REFERÊNCIAS 85

1. INTRODUÇÃO

O nível da organização da manutenção reflete as particularidades do estágio de desenvolvimento industrial de um país. A partir do momento em que começa a ocorrer o envelhecimento dos equipamentos e instalações, surge a necessidade de uma racionalização das técnicas e dos procedimentos de manutenção. Foi nos países europeus e norte-americanos onde a idéia da organização da manutenção iniciou, devido a maior antiguidade do seu parque industrial. Surgiu então a palavra:

MAINTENANCE MANUTENTION MANUTENÇÃO

De uma forma geral, a manutenção constitui-se na conservação de todos os equipamentos, de forma que todos estejam em condições ótimas de operação quando solicitados ou, em caso de defeitos, estes possam ser reparados no menor tempo possível e da maneira tecnicamente mais correta.

A partir de então, todas as grandes e médias empresas na Europa e América do Norte dedicaram grande esforço ao treinamento do pessoal nas técnicas de organização e gerenciamento da manutenção.

No Brasil, no início do seu desenvolvimento industrial, a baixa produtividade industrial, baixa taxa de utilização anual e os altos custos de operação e de produção, refletiam justamente um baixo nível ou até inexistência quase total de organização na manutenção.

No entanto, com o passar dos anos e o amadurecimento industrial, fez-se sentir a pesada necessidade de reestruturação no nível e na filosofia da organização da manutenção, de modo que hoje, já temos um esforço maior nesse sentido, e podemos até dizer, que a manutenção ganha o seu destaque no processo produtivo, como não poderia deixar de ocorrer, em benefício próprio das empresas e indústrias.

Nos últimos 20 anos a atividade de manutenção tem passado por mais mudanças do que qualquer outra. Dentre as principais causas, podemos citar:

a. aumento, bastante rápido, do número e diversidades dos itens físicos (instalações, equipamentos e edificações) que têm que ser mantidos;
b. projetos muito mais complexos;
c. novas técnicas de manutenção;
d. novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades.

A Tabela 1.1 ilustra a evolução da manutenção, que pode ser dividida em 3 gerações:

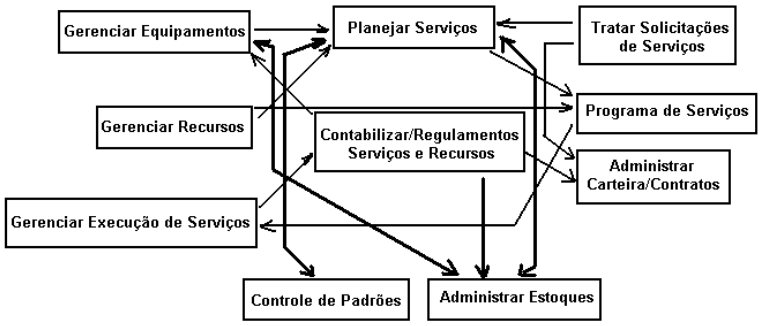
1ª GERAÇÃO	2ª GERAÇÃO	3ªGERAÇÃO
1930-1940	1970	2000
AUMENTO DA EXPECTATIVA EM RELAÇÃO A MANUTENÇÃO		
-Conserto após a falha	-Disponibilidade crescente; - Maior vida útil do equipamento;	-Maior disponibilidade e confiabilidade; -Melhor custo benefício; -Melhor qualidade dos produtos; -Prevenção do meio ambiente.
MUDANÇAS DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO		
-Conserto após a falha	-Computadores grandes e lentos; -Sistemas manuais de planejamento e controle do trabalho; -Monitoração do tempo.	-Monitoração das condições; -Projetos voltados para confiabilidade e manutenibilidade; -Analise de risco; -Computadores pequenos e rápidos; -Softwares potentes; -Analise de modos e efeitos de falhas (FMEA); -Grupos de trabalhos multidisciplinares.

A idéia básica por detrás do destaque conferido à manutenção é que não basta investir e implantar um sistema produtivo; é necessário que o tempo de utilização anual do sistema em condições de produção próximas da máxima seja o maior possível e simultaneamente sejam otimizados a duração de vida útil e os custos.

A consecução desta otimização da produção de um sistema requer a existência de um grupo fortemente especializado na manutenção da empresa e implantado, dentro do organograma, num nível adequado de chefia que lhe permita plenas condições de trabalho.

UMA BREVE VISÃO DA FUNÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Apresentamos, abaixo, um breve diagrama dos principais processos que integram a função Manutenção:



A - Gerenciar Equipamentos

Este processo é bem abrangente, e engloba desde o controle dos equipamentos industriais até máquinas e ferramentas utilizadas pela manutenção. Existem softwares de pequeno porte que atendem somente a ferramentaria, até softwares médios que gerenciam totalmente os equipamentos, bem como outros mais abrangentes em que o processo Gerenciar Equipamentos é um módulo dos mesmos.

B - Tratar Solicitações de Serviços

Este processo trata das solicitações que chegam à manutenção. Estas solicitações incluem os pedidos da área operacional, as recomendações de inspeção, os pedidos da preventiva e da preditiva. A programação de preventiva e/ou preditiva pode ser tratada como solicitação de serviços. No entanto existem softwares que já registram a carteira de preventivas e preditivas como serviço planejado e na fila de execução. É desejável realizar estatísticas de velocidade de atendimento de Solicitações por prioridade e área (ou outro grupo qualquer).

C - Planejar Serviços

Este processo é quase instantâneo para serviços simples, mas pode demandar até meses, no caso de planejamento de uma complexa parada de manutenção.

Assim, para melhor entendê-lo, convém analisarmos os processos internos de que ele é composto. Mas antes, vejamos o significado da palavra "serviço" no contexto aqui exposto:

• Um "serviço" é um conjunto de atividades interrelacionadas, com um objetivo bem definido, e que, como um todo, incorpora um benefício de valor e para o qual se deseja um controle de recursos consumidos (também denominado Empreendimento). Assim um Serviço pode ser uma Ordem de Trabalho ou muitas Ordens de Trabalho com um dado fim.

C-1) Definir as tarefas de um Serviço - Um serviço, numa visão macro, é composto de vários serviços menores, até que, na menor unidade de serviço tenhamos a "tarefa" (em alguns softwares denominada de ítem ou etapa). Uma tarefa é caracterizada como uma atividade contínua, executada por uma mesma equipe, com início e fim definidos no tempo. Em softwares de planejamento de paradas, por exemplo, o conceito de Work Breakdown Structure (WBS) é uma espécie de subdivisão de serviços até chegar ao conceito de tarefa.
Existem softwares que contém Serviços Padrões (ou Ordens de Serviço Padrões).
Estes softwares, neste processo, permitem gerar as tarefas a partir de ítens dos serviços padrões. Convém avaliar a facilidade/dificuldade para realizar esta operação.

C-2) Definir interdependência entre tarefas - Para a execução de serviços mais complexos, é necessário um número razoável de tarefas. Torna-se também necessário definir a seqüência que as tarefas devem ser executadas. Para isto, é necessário definir quais etapas devem ser executadas primeiro, e qual o tipo de vinculação entre elas. As vinculações possíveis entre duas tarefas são:

- Término-Início - Uma tarefa só inicia quando sua antecessora é concluída.
- Início-Início - Uma tarefa só pode iniciar quando outra a ela vinculada também inicia.
- Término-Início/retardo - Uma tarefa só inicia após X intervalos de tempo do término de outra etapa (ou antes de outra terminar em X intervalos de tempo).
- Início-início/retardo - Uma tarefa só inicia após ter decorrido X intervalos de tempo do início de outra tarefa.

Os sistemas que gerenciam os serviços do dia a dia normalmente usam apenas a vinculação término/início. Já, os mais modernos sistemas de gerência de serviços de parada (e/ou projetos) usam os 4 tipos de vinculações acima.

Naturalmente, estruturas simples de manutenção, onde há poucos serviços complexos, podem conviver sem necessidade de definir interdependência entre tarefas. A interdependência entre tarefas já está, como experiência de trabalho, na cabeça dos executantes.

C-3) Microplanejar Tarefas - Por microplanejar tarefas entende-se definir com antecedência (e registrar num sistema mecanizado) os materiais que serão utilizados no serviço, as ferramentas, os recursos humanos, duração estimada, detalhar instruções, associar procedimentos. Obviamente, para associar estas facilidades ao serviço planejado, o sistema deverá dispor de um módulo de material (ou uma interface com um sistema externo de materiais), um banco de procedimentos (separados por categoria de serviços ou classe de equipamentospara facilitar a pesquisa), algum cadastro de ferramentas e possibilidade de associar às tarefas um texto livre (para instruções) que possa ser listado junto com os serviços programados. Abaixo, na Figura 4.12, apresentamos uma tela ilustrativa de uma Ordem de Serviço com microplanejamento de etapa.

C-4) Determinar níveis de recurso do Serviço - Este processo implica em determinar com quantos recursos e em quanto tempo um ou mais serviços podem ser executados. É muito usado no planejamento de paradas e denominasse "nivelamento de recursos". Consiste em calcular, dado um

determinado nível de recursos, em quanto tempo o serviço poderá ser executado ou, alternativamente, dado o tempo, qual a quantidade mínima de recursos necessários. As técnicas mais usadas para este calculo são o PERT e/ou o CPM.
Existem sistemas que determinam o nível de recursos (ou histograma de recursos) também na programação de serviços rotineiros. Outros sistemas executam apenas a "programação mecanizada" de serviços em função de recursos definidos.

C-5) Orçar Serviços - Um processo útil à manutenção é o que permitiria uma orçamentação prévia dos serviços sem maiores dificuldades. Para viabilizar este processo por computador, é necessário que as tabelas de recursos (humanos e de máquinas) tenham os custos (facilmente atualizáveis) por hora (ou pelo menos que permitam facilmente levantar o custo unitário). As tabelas de materiais também devem ter seus custos atualizados, bem como deve-se ter acesso a custos de execução por terceiros. Convém não esquecer que a estrutura tem um custo chamado "indireto" que é o custo da folha das chefias, do staff técnico e administrativo, e que se deve ter uma noção do percentual de acréscimo aos custos diretos que este custo indireto representa.

D - Gerenciar Recursos

Este processo contempla o controle de disponibilidade de recursos humanos e sua distribuição pelas diversas plantas da fábrica. Por controle de disponibilidade significa saber quantas pessoas de cada função estão disponíveis a cada dia nas diversas plantas. Significa também controlar quem está afastado e por que motivos, além do controle da quantidade e especialização de equipes contratadas. O processo abrange também o controle de ferramentaria e de máquinas especiais. O controle de materiais é objeto de um outro processo, aqui denominado "Administrar Estoques".

Este processo é especialmente importante quando se utiliza sistemas que façam a programação mecanizada de serviços pois a mesma depende da exatidão da tabela de recursos disponíveis.

E - Programar Serviços

A programação de serviços significa definir diariamente que tarefas dos serviços serão executadas no dia seguinte, em função de recursos disponíveis e da facilidade de liberação dos equipamentos. Se os serviços tiverem prioridades definidas em função de sua importância no processo (o mais usual é atribuirquatro prioridades - A = Emergência, B = Urgência, C = Normal Operacional, D= Normal não operacional), fica fácil programar. Primeiro programa-se os serviços com prioridade mais alta, depois os da segunda prioridade e assim por diante, até esgotar a tabela de recursos. Cabe lembrar que muitos serviços poderão ter data marcada para sua execução, e outros não poderão ser programados por impedimentos (ou bloqueios) diversos (falta material, falta ferramentas, necessita de mais planejamento, não pode liberar).

Esta é a teoria adotada pelos programas que determinam a programação mecanizada de serviços. Outros programas não calculam a programação mecanizada, mas fornece subsídios para o usuário montar rapidamente uma programação de boa qualidade. Fornecem tabelas com os serviços classificados em ordem decrescente de prioridade, e o usuário rapidamente assinala quais serviços serão feitos no dia seguinte. Caso o usuário assinale mais serviços do que os recursos disponíveis, o sistema emite um alerta. Outros sistemas simplesmente não fazem nada relativo a este processo. O usuário marca o dia que deseja os serviços sejam programados, e, chegado o dia, o sistema simplesmente lista estes serviços. Se o usuário programou mais serviços do que a disponibilidade de

recursos, na hora de executá-los, descobrirá que muitos não foram iniciados por absoluta falta de recursos.

Agora cabe uma pergunta: - Qual o melhor sistema, o que tem programação mecanizada ou o que o usuário define todos os serviços? A experiência tem mostrado que onde há poucas pessoas para gerenciar muitos serviços, o ideal é um sistema com programação mecanizada. De preferência que permita fazer pequenos ajustes manuais na programação.

Já, para estruturas simples de manutenção, ou estruturas totalmente descentralizadas, com volume de serviços (e equipes) pequenas em cada posto (ate umas 15 a 20 pessoas no total), não há necessidade de programação mecanizada. Um sistema semi-mecanizado como o descrito acima facilita bastante. Em estruturas muito enxutas ou com pequena diversidade de serviços nem há necessidade de apoio de informática para definir a programação.

E nas estruturas que boa parte da manutenção foi terceirizada? Aí depende de como funciona a terceirização. Se a contratada responsável pela manutenção elabora a sua própria programação, o problema passa a ser dela. Caso contrário, dependendo do porte da estrutura, pode até ser recomendável a programação de serviços mecanizada.

F - Gerenciar o Andamento dos Serviços

Neste item se analisa o processo de acompanhamento da execução de serviços ao longo do dia a dia. Ao longo do dia constata-se que determinados serviços não poderão ser executados. Estes serviços deverão ser considerados como "impedidos". Paralelamente, é necessário verificar se há serviços que estavam "impedidos" mas que já podem ser executados. Além disto, é necessário avaliar, se, em função da quantidade de serviços, as equipes definidas estão no tamanho adequado (podem estar super-dimensionadas ou sub-dimensionadas). Além disto, é necessário saber que serviços estão sendo concluídos para fazer a "Apropriação de Serviços".

G - Registrar serviços e recursos

Neste processo estão compreendidas a "apropriação" de serviços e recursos e o registro de informações sobre o que foi feito e em que equipamento.

Existem várias formas de se apropriar serviços. A apropriação mais simples é a que informa o tipo de executante utilizados, quantos HH foram utilizados no serviço e se o mesmo foi concluído ou não. Se tivermos o valor do custo unitário do HH, podemos levantar o custo real de mão de obra.

Numa apropriação detalhada, informa-se o código do serviço e etapa, as matrículas dos executantes e hora de início e fim do trabalho de cada executante. Indica-se que materiais foram utilizados, o valor gasto com subcontratadas e outras informações relevantes para o serviço. É interessante também a existência de uma interface com o processo "Gerenciar Equipamentos" para o registro de informações úteis para o histórico de manutenção, quando for o caso. Aqui é crucial a facilidade de operação com a tela (acesso a instruções, orientação quanto a códigos a preencher, consistência de valores, devido ao grande número de pessoas que registrará informações nesta tela).

H - Administrar Contratos / Carga de Serviços

Este processo abrange desde o processo de elaboração, fiscalização e controle de qualidade dos contratos até o acompanhamento orçamentário da manutenção; a análise dos desvios em relação ao previsto; tempos médios para iniciar o atendimento e para atender, por prioridade, por planta, etc.; e

a quantificação de benefícios incorporados à organização em função da execução de serviços. Este processo também é chamado de "informações gerenciais".

Para que este processo funcione adequadamente, tornam-se necessárias as seguintes atividades:

- Acompanhamento orçamentário - previsto x realizado (por conta, área, etc.)
- Durações prevista x executada dos serviços (por tarefa / OT, por área, por planta e outras categorias)
- Tempo médio entre o pedido e início do atendimento das Ots por prioridade
- Duração média dos serviços
- Carga de serviços futuros (backlog independente e condicionado)
- Estatísticas variadas (Percentual de serviços por prioridade, por área, por planta, etc.)
- Alguns outros indicadores de manutenção

I - Controlar Padrões de Serviços

Este processo abrange o controle de serviços padrões (Ordens de Trabalho Padrão), cadastro de procedimentos e outros padrões pertinentes à manutenção.

Ao criar uma Ordem de Trabalho, as suas tarefas podem ser geradas a partir de uma OT padrão específica, bem como cada tarefa pode ser associada a um determinado procedimento.

Para minimizar o tempo na frente do computador, é recomendável que a manutenção crie um conjunto de Ots padrões que abranja os serviços mais repetitivos de manutenção. E para assegurar qualidade em serviços mais complexos, necessário se faz associar procedimentos aos mesmos.

J - Administrar Estoques

O controle de Estoques, na maioria das empresas, foi informatizado antes que o restante da manutenção. Adicionalmente, em muitas organizações, a área de Estoques, é organizacionalmente desvinculada da manutenção. Pelo fato de o número de itens a controlar ser significativo e de os algoritmos lógicos relativos a este processo serem mais simples, desde há muito tempo existem sistemas mecanizados de boa qualidade que atendem a estoques.

2. O CONCEITO ATUAL DE MANUTENÇÃO: TEROTECNOLOGIA

Ainda hoje, numa grande maioria dos empreendimentos tecnológicos, os responsáveis pela manutenção se encontram ausentes dos grupos que concebem, projetam e montam as usinas e as instalações industriais e serviços.

Projetar e erigir uma instalação sem que ninguém, até no momento de partida, trate da organização e da sistematização prévias das atividades de manutenção, constitui uma grande falha.

Nestes casos, nos primeiros meses de funcionamento é normal acumularem-se problemas graves e multiplicarem-se e alongarem-se as paradas por defeitos devido às seguintes insuficiências:

- Ausência de pessoal de manutenção com conhecimento inicial profundo das instalações;
- Escassez de dados de consulta necessários para a correta pesquisa de anomalias e para referência dos procedimentos e peças de substituição a usar, isto é, má organização da biblioteca de manuais técnicos e de manuais de manutenção;

o Escassez de desenhos de projeto detalhado correspondendo corretamente aos equipamentos instalados e às conexões efetuadas;
o Ausência de "stocks" corretos de peças de reposição, no que se refere à qualidade ou à quantidade dos itens de almoxarifado;
o Inexistência de rotinas de manutenção preventiva e de diagnóstico previamente estruturadas e racionalizadas;
o Inexistência de procedimentos normalizados e racionalizados para a manutenção periódica, programada de grandes equipamentos;
o Inexistência de fichários históricos para registro de tempos e ocorrências,etc.;
o Escolha incorreta dos equipamentos e soluções;
o Negligência de aspectos de grande importância tais como: "conservabilidade" ou mantenabilidade dos equipamentos, tempo médio entre falhas, vida útil do equipamento, tempo médio de reparo dos equipamentos, e existência de meios locais humanos e materiais para a manutenção dos equipamentos.

A TEROTECNOLOGIA é uma concepção é uma concepção global e integrada do modo como deve ser estudada, escolhida e construída uma nova instalação tecnológica. Os conceitos básicos são os seguintes:

Os pontos de vista sociais, econômico-financeiros, tecnológicos, de operação e produção e de manutenção de um novo empreendimento são igualmente importantes; especialistas destas várias disciplinas devem fazer parte da equipe de concepção e acompanhamento, desde as fases iniciais (plano diretor, projeto básico, ante-projeto, projeto detalhado) e durante a instalação de partida.
Os pareceres da manutenção estarão sempre presentes em toda a fase de concepção, escolha de equipamentos e escolha de soluções de instalação.
A manutenção deve ser previamente organizada e estruturada antes do dia da partida da instalação; nesse dia a manutenção deve ser uma "máquina" pronta a partir.
O pessoal básico de manutenção, que ficará adstrito ao sistema, deve acompanhar todas as fases do projeto e instalação de modo a conhecer em detalhe todas as minúcias dos equipamentos e das instalações logo de início.
A chefia da manutenção deverá ocupar um nível hierárquico no organograma idêntico ao da chefia de operação.

3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é a forma mais óbvia e mais primária de manutenção; pode sintetizar-se pelo ciclo "quebra-repara", ou seja, o reparo dos equipamentos após a avaria. Constitui a forma mais cara de manutenção quando encarada do ponto de vista total do sistema. Pura e simples, conduz a:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paradas para manutenção em momentos aleatórios e muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até as épocas de crise geral;

É claro que se torna impossível eliminar completamente este tipo de manutenção, pois não se pode prever em muitos casos o momento exato em que se verificará um defeito que obrigará a uma manutenção corretiva de emergência.

Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:

• Pessoal previamente treinado para atuar com rapidez e proficiência em todos os casos de defeitos previsíveis e com quadro e horários bem estabelecidos;
• Existência de todos os meios materiais necessários para a ação corretiva que sejam: aparelhos de medição e teste adaptados aos equipamentos existentes e disponíveis, rapidamente, no próprio local;
• Existência das ferramentas necessárias para todos os tipos de intervenções necessárias que se convencionou realizar no local;
• Existência de manuais detalhados de manutenção corretiva referentes aos equipamentos e às cadeias produtivas, e sua fácil acessibilidade;
• Existência de desenhos detalhados dos equipamentos e dos circuitos que correspondam às instalações atualizados;
• Almoxarifado racionalmente organizado, em contato íntimo com a manutenção e contendo, em todos os instantes, bom número de itens acima do ponto crítico de encomenda;
• Contratos bem estudados, estabelecidos com entidades nacionais ou internacionais, no caso de equipamentos de alta tecnologia cuja manutenção local seja impossível;
• Reciclagem e atualização periódicas dos chefes e dos técnicos de manutenção;
• Registros dos defeitos e dos tempos de reparo, classificados por equipamentos e por cadeias produtivas (normalmente associadas a cadeias de manutenção);
• Registro das perdas de produção (efetuado de acordo com a operação-produção) resultantes das paradas devidas a defeitos e a parada para manutenção;

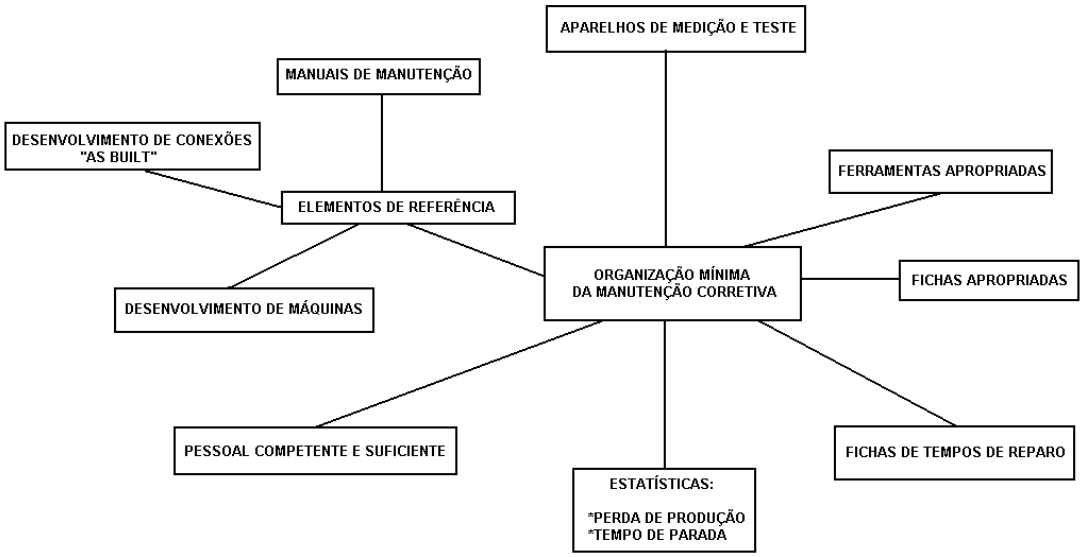


Figura 1

3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva, como o próprio nome sugere, consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação. Esta prevenção é feita baseada em estudos estatísticos, estado do equipamento, local de instalação, condições elétricas que o suprem, dados fornecidos pelo fabricante (condições ótimas de funcionamento, pontos e periodicidade de lubrificação, etc.), entre outros.

Dentre as vantagens, podemos citar:

• Diminuição do número total de intervenções corretivas, aligeirando o custo da corretiva;

• Grande diminuição do número de intervenções corretivas ocorrendo em momentos inoportunos como por ex: em períodos noturnos, em fins de semana, durante períodos críticos de produção e distribuição, etc;

• Aumento considerável da taxa de utilização anual dos sistemas de produção e de distribuição.

A organização preventiva - Para que a manutenção preventiva funcione é necessário:

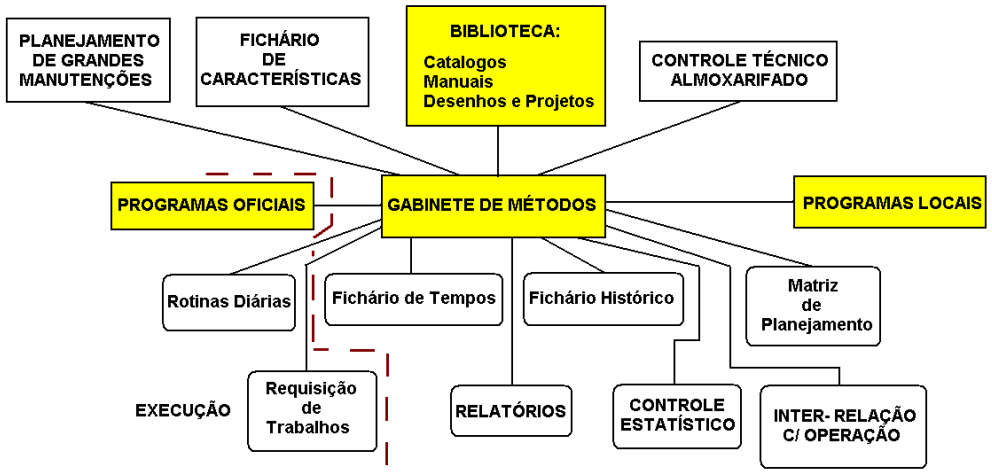


Figura 2

• Existência de um escritório de planejamento da manutenção (Gabinete de Métodos) composto pelas pessoas mais altamente capacitadas da manutenção e tendo funções de preparação de trabalho e de racionalização e otimização de todas as ações. Daqui advém uma manutenção de maior produtividade e mais eficaz.

• Existência de uma biblioteca organizada contendo: manuais de manutenção, manuais de pesquisas de defeitos, catálogos construtivos dos equipamentos, catálogos de manutenção (dados pelos fabricantes) e desenhos de projeto atualizados (as-built).

• Existência de fichários contendo as seguintes informações:

o Fichas históricas dos equipamentos contendo registro das manutenções efetuadas e defeitos encontrados;

o Fichas de tempos de reparo, com cálculo atualizado de valores médios;

o Fichas de planejamento prévio normalizado dos trabalhos repetitivos de manutenção. Nestas fichas contém-se: composição das equipes de manutenção, materiais, peças de reposição e ferramentas, PRRT, com a seqüência lógica das várias atividades implicadas;

o Existência de plannings nos quais se mostram os trabalhos em curso e a realizar no próximo futuro. Devem existir plannings locais nas oficinas;

o Existência de um serviço de emissão de requisições ou pedidos de trabalho, contendo a descrição do trabalho, os tempos previstos, a lista de itens a requisitar e a composição da equipe especializada;

o Emissão de mapas de rotinas diárias;

o Existência de um serviço de controle, habilitado a calcular dados estatísticos destinados à confiabilidade e à produção;

o Existência de um serviço de emissão de relatórios resumidos das grandes manutenções periódicas;

o Existência de interações organizadas com o almoxarifado e os serviços de produção.

3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de CONDIÇÃO ou DESEMPENHO, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

O objetivo deste tipo de manutenção é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, *permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível.* É a primeira grande quebra de paradigma na manutenção, e tanto mais se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais em funcionamento.

A figura 3 ilustra o processo de manutenção preditiva: quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção.

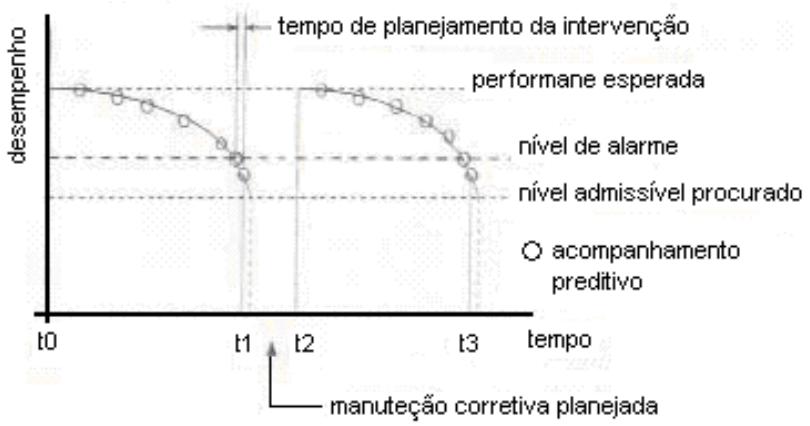


Figura 3 - Gráfico ilustrativo da manutenção preditiva.

Condições básicas:

• O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
• O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
• As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
• Deve ser estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado;
• É fundamental que a mão-de-obra da manutenção responsável pela análise e diagnóstico seja bem treinada. ***Não basta medir; é preciso analisar os resultados e formular diagnósticos***.

3.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar FALHAS OCULTAS ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Ex.: o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis.

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

É cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais.

São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuídos - SDCD, multi-loops com computador supervisório e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo.

A principal diferença, é o nível de automatização. Na manutenção preditiva, faz se necessário o diagnóstico a partir da medição de parâmetros; na manutenção detectiva, o diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto a planta.

Há apenas que se considerar, a possibilidade de falha nos próprios sistemas de detecção de falhas, sendo esta possibilidade muito remota. De uma forma ou de outra, a redução dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas, fica extremamente reduzida.

3.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

É uma nova concepção que constitui a segunda quebra de paradigma na manutenção. Praticar engenharia de manutenção é deixar de ficar consertando continuadamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempeno, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, das *feedback* ao projeto, interferir tecnicamente nas compras. Ainda mais: aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo.

Figura 5 - Comparação de custos (1998), Obs: Horse Power (HP), potência instalada.

O gráfico acima mostra a melhoria de resultados, à medida que se evolui dentre os tipos de manutenção. As duas mudanças de inclinação representam as quebras de paradigma. Observe o salto significativo quando se adota engenharia de manutenção.

Em seguida temos alguns gráficos comparativos com relação aos diversos tipos de manutenção:

TIPO DE MANUTENÇÃO	Custo US$/HP/ano
Corretiva não planejada	17 a 18
Preditiva	11 a 13
Preditiva e Monitoramento de Condição/Corretiva Panejada	7 a 9

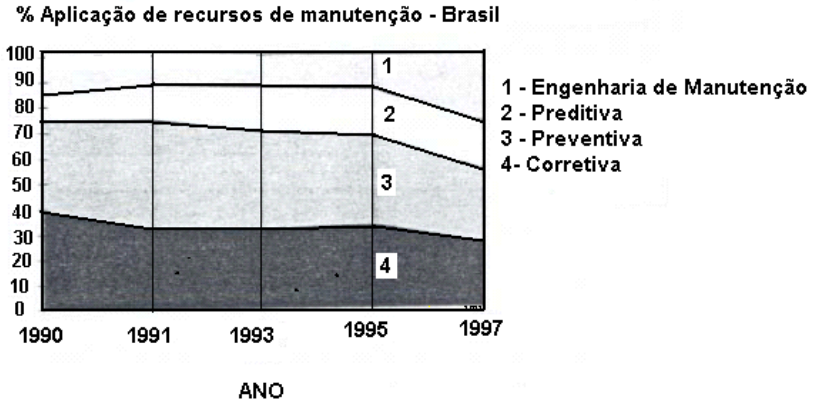


Figura 6 - Evolução dos tipos de manutenção.

4. NOÇÕES SOBRE ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO (PREVENTIVA)

Uma vez alcançado o objetivo da manutenção elétrica, que é, manter sob controle todas as paradas dos equipamentos, de forma que estas não prejudiquem a produção desejada, podemos concluir que sua importância reside em uma maior garantia de cumprimentos dos prazos contratuais assumidos e um aumentos considerável da vida útil destes equipamentos e, conseqüentemente, um custo menor para o produto final.

Devemos acrescentar, ainda, que uma manutenção elétrica bem feita, além de reduzir a níveis diminutos as avarias dos equipamentos e instalações industriais, por conseqüência, reduz, também,

sensivelmente, os riscos de acidentes de trabalho o que traz maior confiança e satisfação para os operários e reforça os lucros da empresa pois teremos menos mão-de-obra inativa.

4.1 ROTEIRO PRÁTICO PARA CRIAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Nenhum roteiro deve ser seguido de forma rígida; deve-se levar em consideração as particularidades de cada indústria, de modo a permitir uma adaptação gradual entre o modelo a ser implantado e o ritmo normal da empresa, no entanto, sugerimos aqui alguns detalhes práticos sobre a criação de um setor de manutenção elétrica.

MÃO-DE-OBRA:

O Número exato de componentes para que um setor de manutenção elétrica alcance seus objetivos é extremamente difícil de precisar, pois é função do porte, ramo, equipamentos existentes, grau de automação, etc, da indústria.

Apenas em caráter informativo, diremos que para uma indústria e porte médio, um número razoável seria de **1 a 1,5% do pessoal total da indústria**.

A composição do grupo de manutenção varia conforme a indústria sendo, no entanto, aconselhável que seja composto por:

- Um engenheiro eletricista e/ou técnico em eletricidade com larga experiência em manutenção elétrica (5 a 10 anos);
- Alguns eletricistas experientes (1 a 5 anos);
- Um arquivista;
- Alguns aprendizes ou estagiários.

O pessoal selecionado ficará subordinado ao engenheiro ou técnico com larga experiência.

TREINAMENTO:

É extremamente importante propiciar aos funcionários do setor de manutenção elétrica, sempre que possível, oportunidades de aperfeiçoamento técnico através de, por exemplo, palestras dadas por elementos mais experientes da própria empresa ou contratados fora, facilidades de horário e/ou reembolso parcial em cursos de interesse do setor, assinatura de revistas e jornais técnicos, enfim, tudo que puder contribuir para um melhor desenvolvimento da capacidade produtiva dos funcionários.

DOCUMENTAÇÃO:

No capítulo III, observamos as requisitos básicos para a organização da manutenção elétrica, dentre os quais, fichas dos equipamentos. A figura 7 ilustra um tipo padrão de ficha de equipamento:

SETOR DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA	
Ficha de Equipamento nº ano:	
Equipamento:	**Nº patrimonial:**
Localização (bloco/andar/sala/ oficina):	
Departamento:	
Tipo:	
Nº Fabricante:	
Nº de série:	**Marca:**
Fabricante:	**Fornecedor:**
Preço:	**Ano de fabricação:**
Valor atual:	**Dimensões:**
Hora de uso:	**Motor (tipo):**
Nº do fornecedor:	**Série:**
Rotor (tipo):	
V1:	**V2:**
Potência:	**Corrente:**
Freqüência:	**Rolamentos (est., rotor):**
Enrolamentos:	
Escovas:	
Fases:	**Ligações:**
Rotação:	
Observações:	

É necessário estabelecer um critério e prioridade de manutenção, de acordo com os níveis de importância associados a cada equipamento. Uma vez estabelecido este critério, é necessário prever a duração de cada serviço para ser possível traçar o mapa de manutenção preventiva. Esse tempo, conhecido como tempo padrão, serve para, comparado com o tempo real, avaliar o desempenho da equipe de manutenção. A seguir ilustramos, em caráter informativo, tempos padrões para a manutenção preventiva de alguns equipamentos e instalações elétricas:

Equipamentos	Tempo (minutos)
Geradores	360
Transformadores	15
Bombas	20
Elevadores e Plataformas Móveis	160
Ar condicionado/Refrigeração até 3t	30
Ar condicionado/Refrigeração até 3 e 5t	60
Ar condicionado/Refrigeração até 5 e 15t	120
Instalações Elétricas	
Luz (inst. aérea, 300m)	30
Luz (inst. subterrânea, 300m)	60
Rede de alimentação de oficinas (1000m^2)	60
Rede de alimentação de escritórios (1000m^2)	40

Para concluir o mapa de manutenção preventiva deve-se estabelecer a periodicidade da mesma, que deve ser estimada de forma a assegurar a produção normal da fábrica. A tabela a seguir é um exemplo da periodicidade utilizada em algumas fábricas, para alguns equipamentos e instalações elétricas:

PERIODICIDADE	**EQUIPAMENTOS OU INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**
Diária	Inspeção visual dos equipamentos em geral, fiação sinalização.
Semanal (ou 200 horas de uso)	Ventiladores e motores.
Mensal (ou 1000 horas de uso)	Elevadores, painéis de subestações, transformadores, de solda.
Trimestral (ou 2500 horas de uso)	Túneis de cabo, geradores, etc.
Semestral (ou 4500 horas de uso)	Instrumentos de medição, subestação, trafos, disjuntor relés, etc.
Anual (ou 8000 horas de uso)	Fios cabos,chaves, ligações a terra, contatos, (desmontar) etc.

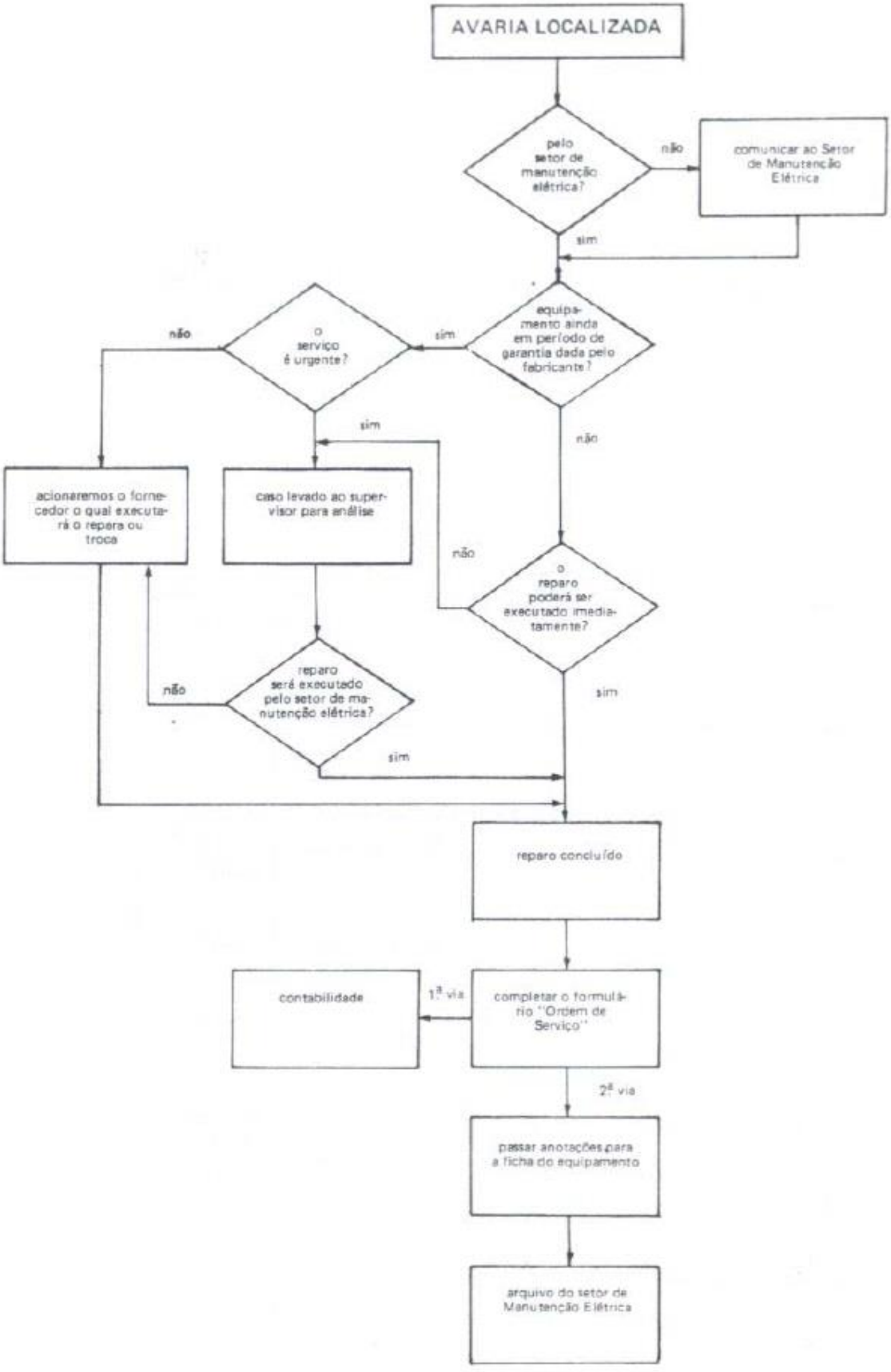
A seguir são apresentados os modelos de formulários, utilizados durante o desenvolvimento das atividades: O primeiro é a "Solicitação de Manutenção" sendo emitido pelo setor elétrico em três vias, sendo que a primeira ficará com o requisitante, a segunda seguirá com o responsável pelo reparo na hora de sua execução e a terceira permanecerá arquivada no próprio setor.

Setor de Manutenção Elétrica
Solicitação de Manutenção nº / (ano)
Equipamento:
Nº Patrimonial:
Localização:
Departamento:
Requisitante:
Matrícula:
Data:____/____/____ Hora:

Para que haja controle de todos os serviços executados pelo setor é necessário que este utilize um outro formulário denominado "Ordem de Serviço", modelo a seguir, que deve ser emitido um para cada serviço a executar, também em três vias, como no caso anterior:

Setor de Manutenção Elétrica						
Ordem de Serviço n°:				ano:		
Equipamento:						
N° Patrimônial:						
Localização: _____ (Bloco – Andar – Sala - Oficina)						
Departamento:						
Avaria: _____ (descrição detalhada)						
Reparo: _____ (descrição detalhada)						
Material Utilizado: _____						
Data	Horário				Observações	
	Início	Fim	Tempo real	Tempo Padrão		
Equipe Responsável pelo Serviço			Cargo	Salário	Custos	
					Mão de Obra	Material
				Total		
Referência: _____ (Solicitação de Manutenção n°_____)						
_____ Supervisor da Manutenção Elétrica				_____ Requisitante do Serviço		

De uma forma geral, é possível resumir as atividades no fluxograma simplificado:


AVARIA LOCALIZADA
pelo setor de manutenção elétrica?
não
comunicar ao Setor de Manutenção Elétrica
sim
equipamento ainda em período de garantia dada pelo fabricante?
sim
o serviço é urgente?
não
sim
não
acionaremos o fornecedor o qual executará o repara ou troca
caso levado ao supervisor para análise
não
o reparo poderá ser executado imediatamente?
reparo será executado pelo setor de manutenção elétrica?
não
sim
sim
reparo concluído
contabilidade
1ª via
completar o formulário "Ordem de Serviço"
2ª via
passar anotações para a ficha do equipamento
arquivo do setor de Manutenção Elétrica

5. PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

5.1 INTRODUÇÃO

A organização da manutenção era conceituada, até há pouco tempo, como planejamento e administração dos recursos para a adequação à carga de trabalho esperada. A conceituação, no entanto, tornou-se mais ampla:

a. A organização da manutenção de qualquer empresa deve estar voltada para a gerência e a solução dos problemas na produção, de modo que a empresa seja competitiva no mercado.
b. A Manutenção é uma atividade estruturada da empresa, integrada às demais atividades, que fornece soluções buscando maximizar os resultados.

O gráfico da figura 5.1 ilustra o aumento do percentual efetivo da manutenção em decorrência direta dos conceitos acima:

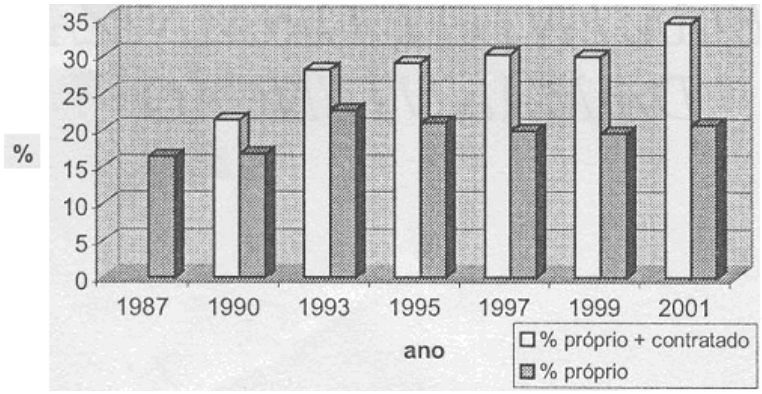


Figura 5.1 - Evolução do percentual da Manutenção.

Nota-se pelo gráfico acima, uma maior participação de pessoal contratado no efetivo total da manutenção, função do desenvolvimento das formas de contratação de empresas voltadas para a atividade.

5.2 CUSTOS

Antigamente, quando se falava em custos de manutenção a maioria dos gerentes achava que:

- não havia meios de controlar os custos da manutenção;
- a manutenção, em si, tinha um custo muito alto;
- os custos e manutenção oneravam, e muito, o produto final.

No Brasil, o custo da manutenção em relação ao faturamento das empresas vem apresentando uma tendência de queda, situando-se em 1997 em 4,39%. O gráfico a seguir mostra essa evolução (Fonte: ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção):

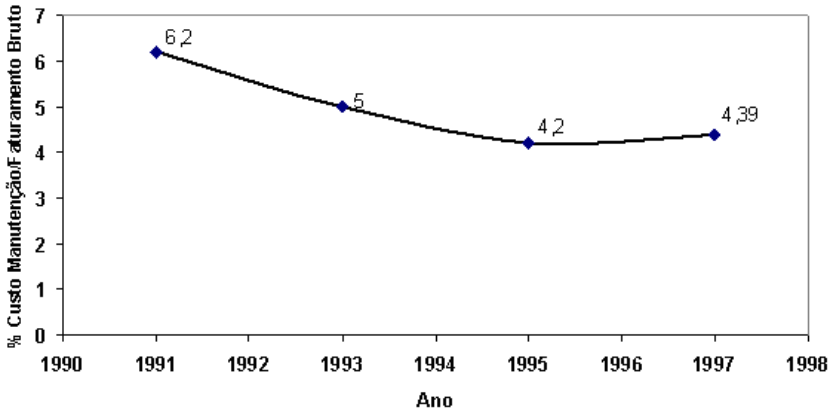


Figura 5.2 - Custos da Manutenção no Brasil em %.

A composição os custos de manutenção, para o ano e 1995 está mostrada no gráfico 5.3, a seguir.

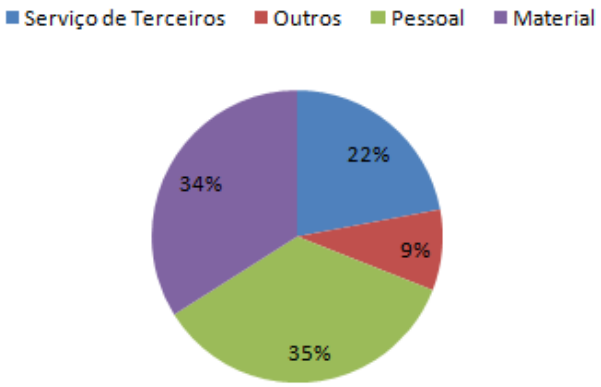


Figura 5.3 - custos de manutenção para 1995.

Para fins de controle, podemos classificar os custos de manutenção em três grandes famílias:

Custos Diretos	São aqueles necessários para manter os equipamentos em operação. Neles se incluem: manutenção preventiva, inspeções regulares, manutenção preditiva, detectiva, custos de reparos ou revisões e manutenção corretiva de uma maneira geral.
Custos de Perda	São os custos oriundos de perda de produção, causados: ○ pela falha do equipamento principal sem que o equipamento reserva, quando existir, estivesse disponível para manter a unidade produzindo; ○ pela falha do equipamento, cuja causa determinante tenha sido ação imprópria da manutenção.
Custos Indiretos	São aqueles relacionados com a estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises e estudos e melhoria, engenharia de manutenção, supervisão, dentre outros.

O acompanhamento de custos, um dos itens de controle na manutenção, deve ser colocado na forma de gráfico para fácil visualização, mostrando pelo menos:

• previsão de custos mês a mês;

• realização - quanto foi efetivamente gasto em cada mês;
• realizado no ano anterior (ou anos anteriores);
• *benchmark* - qual a referência mundial, isto é, valores da empresa que tem o menor custo de manutenção nesse tipo de instalação.

É fundamental que cada especialidade da manutenção faça um controle e custos, independente do modo que a estrutura organizacional as agrupa ou divide.

Outro aspecto importantíssimo nos custos de manutenção é:

MAIS MANUTENÇÃO NÃO SIGNIFICA MELHOR MANUTENÇÃO

O gráfico 5.4 representa bem esta afirmação, e mostra que existe um compromisso entre o nível de manutenção, a disponibilidade operacional e os custos. Desse modo pode-se estabelecer um nível ótimo de intervenção que varia para cada tipo de instalação ou equipamento.

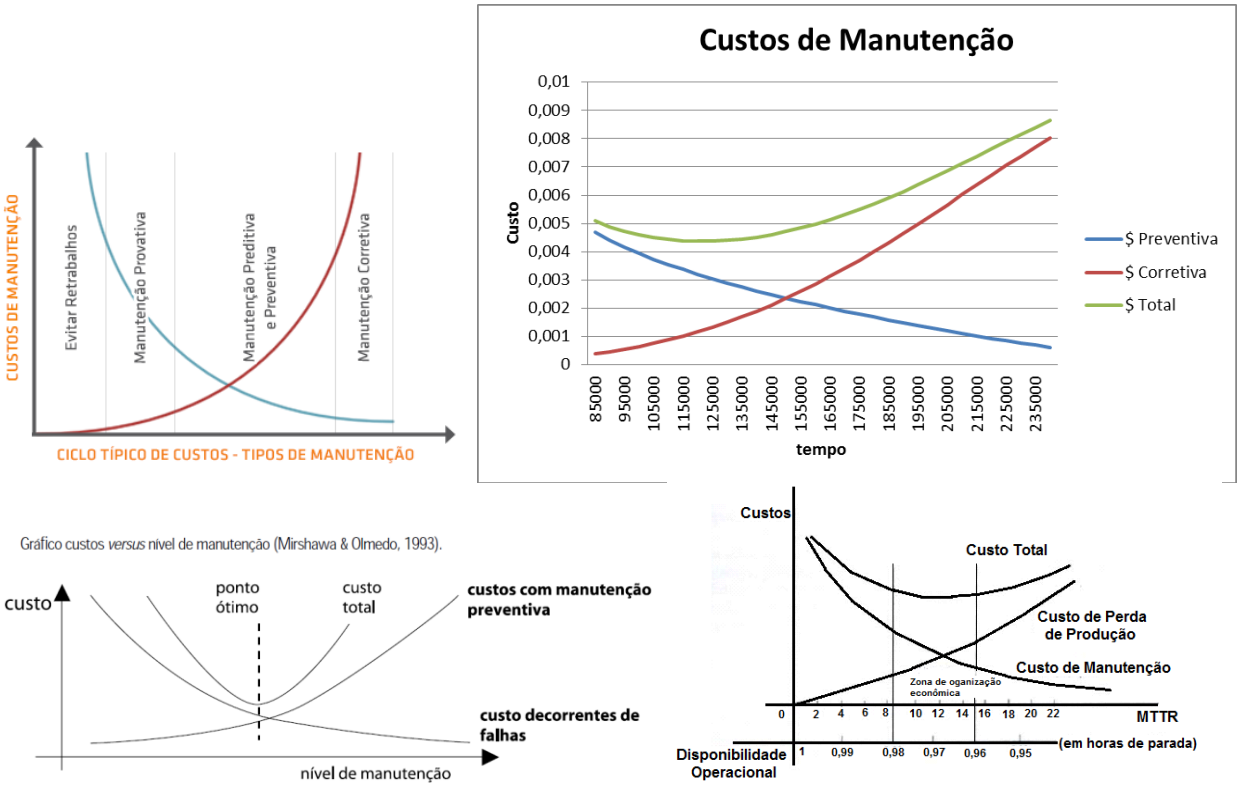


Figura 5.4 - Relação Custos - Disponibilidade - Nível de Manutenção.

5.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA MANUTENÇÃO SUBORDINAÇÃO

De um modo geral, o gerente da manutenção se reporta diretamente à gerência, superintendência ou diretoria da planta, unidade operacional ou unidade organizacional, ou seja, está ligado ao primeiro escalão gerencial.

Figura 5.5 – Nível da Gerência da Manutenção

FORMAS DE ATUAÇÃO

CENTRALIZADA	O próprio nome sugere: a manutenção é centralizada em torno de uma equipe. Vantagens: ○ A eficiência global é maior do que na descentralizada, pela maior flexibilidade na alocação da mão-de-obra em vários locais da planta, os quais acabam desenvolvendo maiores habilidades. ○ O efetivo de manutenção tende a ser bem menor. ○ A utilização de equipamentos e instrumentos é maior e normalmente podem ser adquiridos em menor número. ○ A estrutura de manutenção é muito mais enxuta. Desvantagens: ○ A supervisão dos serviços costuma ser mais difícil, pela necessidade de deslocamentos a várias frentes de serviço, por vezes distantes umas das outras. ○ O desenvolvimento de especialistas que entendam os equipamentos com a profundidade necessária demanda mais tempo do que na descentralizada. ○ Maiores custos com facilidades como transporte em plantas que ocupam maiores áreas. ○ Favorece a aplicação da polivalência.
DESCENTRALIZADA	Ocorre o contrário do caso anterior, de modo que as vantagens de uma passam a ser desvantagens na outra e vice-versa. A principal vantagem é a cooperação entre operação e manutenção, de modo que exista espírito de equipe.
MISTA	Combina as duas formas anteriores. É muito bem aplicada em plantas grandes ou muito grandes, proporcionando as vantagens da manutenção centralizada e descentralizada.

No Brasil, a forma de atuação é mostrada no gráfico da figura 5.6:

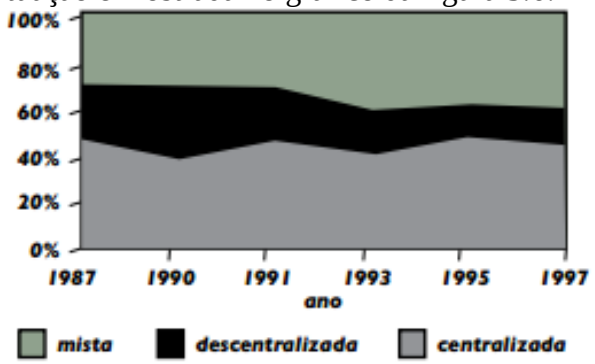


Figura 5.6 - Evolução das Formas e Atuação da Manutenção no Brasil.

ESTRUTURAS DE MANUTENÇÃO

A estrutura organizacional da manutenção pode apresentar-se e três formas:

a. Em linha direta, numa estrutura convencional (Figura 5.5).
b. Em estrutura matricial;
c. Em estrutura mista, a partir da formação de times.

5.4 PRIORIDADE DA MANUTENÇÃO

Impacto da falha	Prioridade										
Equipamentos sem reserva, cujas falhas provoquem parada geral da refinaria, tocha constante, agressão severa do meio ambiente ou riscos graves.	10	90	80	70	60	50	40	30	20	10	**Urgente: Programação imediata**
Equipamentos sem reserva, cujas falhas provoquem paradas de unidades de processo, vazamentos, agressão ao meio ambiente, perda de qualidade e não atendimento ao cliente.	9	81	72	63	54	45	36	27	18	9	
Equipamentos sem reserva, cujas falhas provoquem paradas de sistemas importantes das unidades de processo e perda de qualidade dos produtos no processo.	8	72	64	56	48	40	32	24	16	8	
Equipamentos com reserva operando em condições precárias, cujas falhas provoquem paradas de sistemas ou unidades de processo, perda de qualidade dos produtos, agressão ao meio ambiente e não atendimento aos clientes.	7	63	56	49	42	35	28	21	14	7	**Prioritário: Programação em 48 horas**
Equipamentos com reserva operando em boas condições, cujas falhas provoquem paradas de sistemas ou unidades de processo, perda de qualidade dos produtos, agressão ao meio ambiente e não atendimento aos clientes.	6	54	48	42	36	30	24	18	12	6	
Equipamentos sem reserva, cujas falhas não provoquem não conformidades nos produtos, perda de produção ou risco às pessoas e ao meio ambiente, porém apresentem altos custos.	5	45	40	35	30	25	20	15	10	5	
Equipamentos sem reserva, cujas falhas não provoquem não conformidades nos produtos, perda de produção ou risco às pessoas e ao meio ambiente, porém apresentem custos relevantes.	4	36	32	28	24	20	16	12	8	4	**Importante: Programação em 7 dias**
Equipamentos com reserva operando em condições precárias, cujas falhas não provoquem não conformidades nos produtos, perda de produção ou risco às pessoas e ao meio ambiente, porém apresentem custos altos ou relevantes.	3	27	24	21	18	15	12	9	6	3	

Equipamentos com reserva operando em boas condições, cujas falhas não provoquem não conformidades nos produtos, perda de produção ou risco às pessoas e ao meio Ambiente, porém apresentem custos altos ou relevantes.	2	18	16	14	12	10	8	6	4	2	
Outros equipamentos que não provoquem perdas de produção, qualidade, riscos ao meio ambiente e pessoas ou custos relevantes.	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**Normal: Programação em 30 dias**
Tipos de intervenção		9	8	7	6	5	4	3	2	1	
Trabalhos associados com a eliminação de perigo iminente, fogo e ameaça à vida.											
Trabalhos associados com a eliminação de perigo iminente, fogo e ameaça à vida.											
Trabalhos para eliminação de vazamentos, emissões e riscos ambientais.											
Trabalhos para eliminação de outros tipos de riscos.											
Trabalhos para manter os sistemas operando (manter a função).											
Manutenção preventiva/preditiva.											
Manutenção corretiva de equipamentos isolados.											
Trabalhos para implementação de melhorias no processo.											
Manutenção de equipamentos auxiliares não relacionados ao processo.											
Limpeza, pintura e arrumação.											

6. INFORMATIZAÇÃO DO SETOR DE MANUTENÇÃO

6.1 INTRODUÇÃO: OS SISTEMAS DE CONTROLE

Para harmonizar todos os processos que interagem na manutenção, é fundamental a existência e um Sistema de Controle da Manutenção. Ele permitirá, entre outras coisas, identificar claramente:

- que serviços serão feitos;
- quando os serviços serão feitos;
- que recursos serão necessários para a execução dos serviços;
- quanto tempo será gasto em cada serviço;
- qual será o custo de cada serviço, custo por unidade e custo global;
- que materiais serão aplicados;
- que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessários.

Além disso, o sistema possibilitará:

- nivelamento de recursos - mão-de-obra;
- programação e máquinas operatrizes ou de elevação e carga;
- registro para consolidação do histórico e alimentação de sistemas especialistas;
- priorização adequada dos trabalhos.

6.2 ESTRUTURA DOS SISTEMAS DE CONTROLE

Com base nas estruturas da manutenção, discutidas no capítulo anterior, foi desenvolvido o Diagrama de Fluxo e dados da figura 6.1. O diagrama apresentado permite visualizar, de modo global, os processos que compõem a estrutura do controle e planejamento da manutenção.

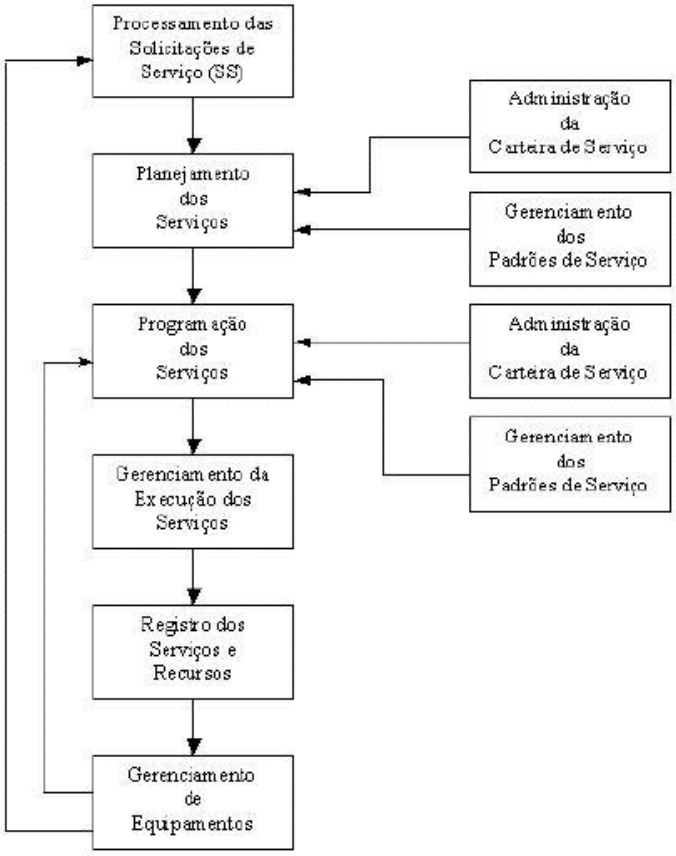

Processamento das Solicitações de Serviço (SS)
Administração da Carteira de Serviço
Planejamento dos Serviços
Gerenciamento dos Padrões de Serviço
Programação dos Serviços
Administração da Carteira de Serviço
Gerenciamento dos Padrões de Serviço
Gerenciamento da Execução dos Serviços
Registro dos Serviços e Recursos
Gerenciamento de Equipamentos

Figura 6.1 - Diagrama de Fluxo de Dados

A seguir estão detalhados os principais processos, constantes o diagrama, que costumam ser referidos nos *softwares* disponíveis no mercado como "**módulos**".

7. SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

O sistema de Manutenção Planejada (SMP), constituído por instruções, listas e detalhamento de tarefas e de recursos necessários ao seu cumprimento, constitui-se em uma sistemática dentro do escopo da manutenção preventiva.

7.1 CONCEITOS

O Sistema de Manutenção Planejada é um método que tem como propósito permitir a máxima disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos e sistemas por ele abrangidos, através da otimização dos recursos disponíveis para a manutenção.

As avarias ou degradações de desempenho do material podem ocorrer basicamente por duas razões:

a) Desgaste ou Deterioração;
b) Falhas aleatórias.

Os sinais de desgaste ou deterioração podem ser identificados através de testes e verificações, realizados em intervalos adequados, de modo a permitir as competentes ações de manutenção corretiva. Tais atividades de manutenção, de caráter preventivo, permitirão aumentar a disponibilidade do material, reduzindo os riscos de falhas decorrentes de desgastes ou defeitos progressivos.

As falhas aleatórias, por sua própria natureza, não podem ser previstas, e o Sistema de Manutenção Planejada não se propõe a eliminar completamente as avarias do material. O sistema, no entanto, deve proporcionar as informações necessárias para o início das atividades de manutenção corretiva.

O Sistema de Manutenção Planejada consiste, essencialmente, na consolidação dos procedimentos de manutenção preventiva dos diversos equipamentos e sistemas de várias origens existentes na organização, de forma padronizada e eficiente, e com a máxima economia de meios.

7.2 CARACTERÍSTICAS

As principais características de um SMP típico são:

a. As atividades de manutenção são conduzidas através de uma estrutura organizacional com vários níveis de operação. Por exemplo: Departamentos, Divisões, Seções, etc.
b. As atividades de manutenção são planejadas para cada nível de operação, considerando as demais atividades da organização;
c. A execução das tarefas de manutenção é descentralizada, cabendo a cada indivíduo a responsabilidade pelo cumprimento da tarefa que lhe foi atribuída;
d. As atividades de cada nível de operação do sistema são controladas, de forma a assegurar a realimentação da informação;
e. O funcionamento do SMP é baseado na existência, em níveis estabelecidos pelo próprio sistema, dos seguintes requisitos:

- Documentação;
- Equipamentos e Ferramental de Teste;
- Sobressalentes;
- Qualificação do Pessoal.

f. Um sistema de Manutenção Planejada não entra em funcionamento por si só, nem produz resultados automaticamente. É indispensável a existência, em todos os níveis de operação do sistema, de uma atitude mental positiva, de crença e confiança na eficiência do SMP;
g. Um SMP deve ter condições para permitir o início imediato das atividades de manutenção corretiva, ao ser identificada avaria durante a execução de rotinas de manutenção preventiva;
h. A existência de elementos para uma contínua avaliação da eficiência do sistema, e de instrumentos para seu aperfeiçoamento, são obrigatórios para um SMP.

7.3 ORGANIZAÇÃO DO SMP

A organização de um Sistema de Manutenção Planejada pode ser visualizada, preliminarmente, através da descrição das etapas do sistema e da documentação envolvida.

7.3.1 AS ETAPAS DO SISTEMA

O funcionamento de um Sistema de Manutenção Planejada é composto das seguintes etapas:

a) PLANEJAMENTO

Consiste na distribuição das atividades de manutenção (rotinas de manutenção) ao longo de um período considerado como ciclo para a organização.

b) PROGRAMAÇÃO

Trata-se da programação, dentro do período básico estabelecido para a organização, das tarefas de manutenção, a partir do planejamento realizado.

c) EXECUÇÃO É a realização, propriamente dita, das tarefas de manutenção programadas.

d) REGISTRO Consiste no lançamento, em registros próprios, das informações relevantes obtidas durante a execução das atividades de manutenção.

e) CONTROLE

Inclui o acompanhamento das atividades, em cada nível de operação do sistema; a análise dos resultados obtidos; e a apresentação das conclusões decorrentes dessa análise.

f) ACESSÓRIOS São os arquivos, caixas, etiquetas e demais materiais utilizados na operação do SMP.

7.4 O PROJETO DE UM SMP

O Projeto de um SMP deverá seguir a seguinte seqüência:

a. Definição da Lista de Equipamentos a serem incluídos no Sistema;
b. Estabelecimento do Ciclo Operativo da Organização;
c. Estabelecimento do período básico ou de referência do SMP;
d. Definição da Hierarquia do Material;
e. Definição dos níveis de Operação do SMP;
f. Caracterização da Periodicidade das Rotinas;
g. Definição da Documentação Básica (Plano Mestre, Programas, Tabelas, Quadros, etc.);
h. Definição das Saídas do Sistema;
i. Elaboração das Instruções para funcionamento.

7.5 A DOCUMENTAÇÃO DO SMP

Os documentos básicos para a operação de um sistema de Manutenção Planejada são os seguintes:

PLANO MESTRE DE MANUTENÇÃO

Contém a distribuição de todas as rotinas de manutenção ao longo do ciclo determinado.

PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO

Constam de documentos que permitem a programação, para cada dia do período básico da organização, da manutenção preventiva constante do planejamento estabelecido para o ciclo.

TABELAS E CARTÕES DE MANUTENÇÃO

São documentos em formato padronizado, extremamente detalhados, e que consistem os instrumentos para a execução de rotinas de manutenção.

REGISTROS DIVERSOS

Permitem registrar o cumprimento ou não das rotinas de manutenção; as informações relevantes para o histórico dos sistemas e equipamentos; e demais dados de interesse par ao SMP.

QUADROS DIVERSOS

Têm a finalidade de permitir a programação, divulgação e acompanhamento da manutenção planejada, através da apresentação visual e de fácil acesso aos interessados.

INSTRUÇÕES PARA O FUNCIONAMENTO

Estas instruções estabelecem o ciclo de operação e o período básico do SMP; os níveis de operação; a composição hierárquica das rotinas de manutenção; descrição do sistema; e finalmente as instruções e fluxograma de funcionamento.

8. MANUTENÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

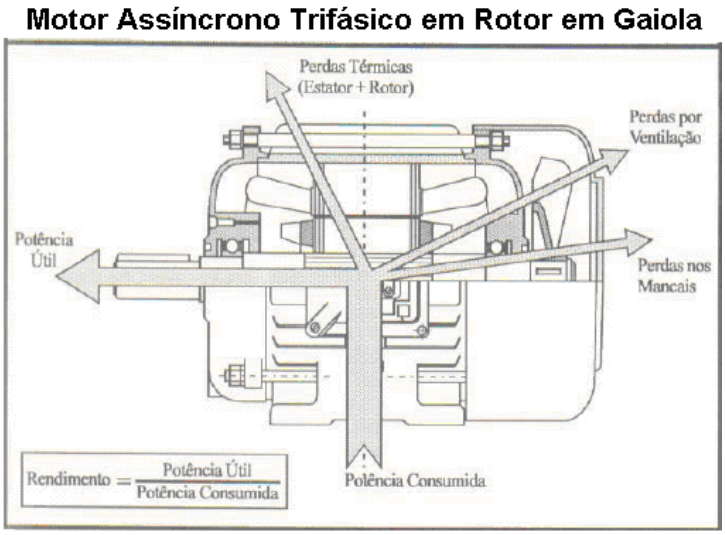
8.1 INTRODUÇÃO

Os motores elétricos são responsáveis por grande parte da energia consumida nos segmentos onde seu uso é mais efetivo, como nas indústrias, onde representam em média mais de 50% do consumo de eletricidade dessas instalações. São, portanto, equipamentos sobre os quais é preciso buscar, prioritariamente, a economia de energia.

Nos motores elétricos as operações de controle de materiais e equipamentos têm na sua maioria um efeito direto sobre o estudo mecânico e elétrico destes equipamentos, agindo direta ou indiretamente sobre seus rendimentos. Neste capítulo são apresentadas ações que, se adotadas pelos técnicos de manutenção, resultarão na melhoria do rendimento dos motores existentes em suas instalações, proporcionando economia de energia elétrica.

Cabe ainda observar que 90% dos motores elétricos instalados são assíncronos com rotor em curto-circuito, sendo, portanto este tipo de equipamento objeto da análise a seguir apresentada.

A figura abaixo mostra as principais perdas que ocorrem nos motores elétricos assíncronos:



8.2 CARREGAMENTO CONVENIENTE DOS MOTORES

Um motor elétrico é dimensionado para fornecer um conjugado nominal C_n, a uma velocidade nominal N_n. Isto é, para uma potência nominal P_n:

$$P_n = C_n * N_n$$

As perdas elétricas (ou perdas térmicas) variam com o quadrado do conjugado resistente (carga). Num motor bem dimensionado, o conjugado resistente deve ser menor que o conjugado nominal. Se for igual ou ligeiramente superior, o aquecimento resultante será considerável.

Por outro lado, um motor "sub-carregado" apresente uma sensível redução no rendimento.

O carregamento ideal deveria corresponder à carga do trabalho a ser efetuado, o que nem sempre é fácil de determinar.

Se o trabalho exigido da máquina acionada apresente sobrecargas temporárias, a potência do motor deve ser ligeiramente superior à potência necessária.

É importante limitar o crescimento das perdas, realizando adequada manutenção das máquinas e componentes mecânicos de acionamento, como por exemplo: regulagem das folgas, lubrificação adequada, verificação dos alinhamentos, etc.

Finalmente, devemos lembrar que motores individuais são geralmente mais econômicos em energia do que as transmissões múltiplas.

A título de ilustração, apresentamos no quadro a seguir a diminuição do rendimento de um motor assíncrono trifásico de 75 CV, 4 pólos, em função do carregamento apresentado em regime normal de operação.

Variação do Rendimento de Motores de 75 CV	
Carregamento (%)	**Diminuição do Rendimento (%)**
70	**1**
50	**2**
25	**7**

8.3 VENTILAÇÃO ADEQUADA

Nos motores auto-ventilados, o ar de resfriamento é fornecido por um ventilador interno ou externo acionado pelo eixo do motor.

O fluxo de ar arrasta consigo poeira e materiais leves que obstruem aos poucos as aberturas ou canais e impedem a passagem do ar e a dispersão normal de calor, o que aumenta fortemente o aquecimento do motor.

Por outro lado, é comum encontrar nas indústrias motores instalados em espaços exíguos que limitam a circulação do ar, provocando aquecimentos excessivos.

Nos motores que utilizam ventilação forçada externa, a parada do grupo motoventilador pode causar os mesmos problemas.

Portanto, para assegurar o bom funcionamento das instalações, devem ser tomadas as seguintes precauções:

- limpar cuidadosamente os orifícios de ventilação;
- limpar as aletas retirando a poeira e materiais fibrosos;
- cuidar para que o local de instalação do motor permita livre circulação de ar;
- verificar o funcionamento do sistema de ventilação auxiliar e a livre circulação do ar nos dutos de ventilação.

8.4 CONTROLE DA TEMPERATURA AMBIENTE

De forma geral, a temperatura limite suportada pelos isolantes do motor é calculada para o funcionamento num ambiente com temperatura de 40ºC.

Portanto, é importante verificar e controlar a temperatura ambiente para não ultrapassar os valores para os quais o motor foi projetado.

8.5 CUIDADO COM AS VARIAÇÕES DE TENSÃO

O equilíbrio térmico de um motor é modificado quando a tensão de alimentação varia. Uma queda de tensão limita o fluxo do circuito magnético, reduzindo as perdas no ferro e a corrente em vazio. Porém, o conjugado motor deve superar o conjugado resistente, para impedir o aumento excessivo do escorregamento.

Como o conjugado motor é função do produto entre o fluxo e a intensidade da corrente absorvida, se o fluxo diminui a intensidade da corrente aumenta. Com a corrente em carga aumentada pela queda de tensão, o motor se aquecerá, aumentando as perdas.

Um aumento de tensão de alimentação terá efeitos mais limitados, uma vez que a corrente em vazio aumenta enquanto a corrente em carga diminui.

8.6 OPERAÇÃO COM PARTIDAS E PARADAS BEM EQUILIBRADAS

Devem ser evitadas as partidas muito demoradas que ocorrem quando o conjugado motor é apenas ligeiramente superior ao conjugado resistente: a sobreintensidade de corrente absorvida, enquanto a velocidade nominal não é atingida, aquece perigosamente o motor. Da mesma forma, uma frenagem por contra-corrente, ou seja, através de inversão do motor, representa, a grosso modo, o custo equivalente a três partidas.

Em todos os casos, é fundamental assegurar-se que o conjugado de partida seja suficiente:

- através da escolha de um motor adequado;
- verificando se a linha de alimentação possui características necessárias para limitar a queda da tensão na partida;
- mantendo a carga acoplado ao motor em condições adequadas de operação, de forma a não apresentar um conjugado resistente anormal.

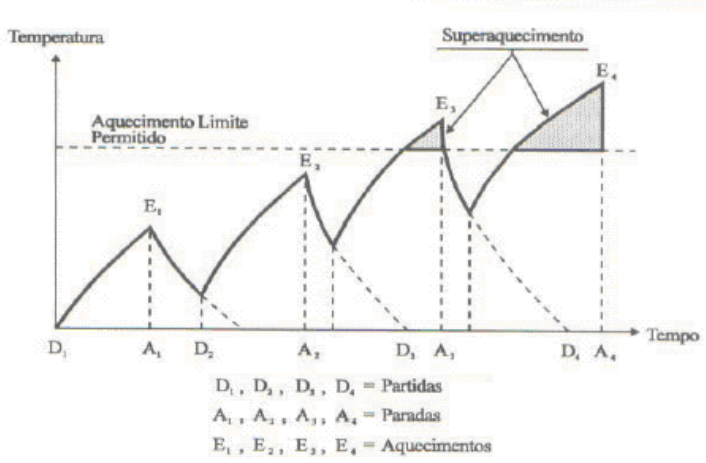
8.7 PARTIDAS MUITO FREQÜENTES

Quando o processo industrial exige partidas freqüentes, essa característica deve ser prevista no projeto do equipamento e o motor deve estar adaptado para trabalhar desta forma.

Porém, em conseqüência de reguladores de algumas máquinas, pode ser necessário proceder a várias partidas num tempo relativamente curto, não permitindo que o motor esfrie adequadamente.

A figura abaixo mostra que entre cada partida a curva de aquecimento tem sua origem e pico mais elevados e pode ultrapassar rapidamente o limite crítico de temperatura.

Aquecimento em conseqüência de Partidas muito Freqüentes


Temperatura
Superaquecimento
Aquecimento Limite Permitido
Tempo
D1 A1 D2 A2 D3 A3 D4 A4
D1 , D2 , D3 , D4 = Partidas
A1 , A2 , A3 , A4 = Paradas
E1 , E2 , E3 , E4 = Aquecimentos

Aconselha-se, durante essas regulagens, observar a temperatura do motor, proporcionando tempos de parada suficientes para que a temperatura volte a um valor conveniente.

8.8 DEGRADAÇÃO DOS ISOLANTES TÉRMICOS

A vida útil de um isolante pode ser drasticamente reduzida se houver um sobreaquecimento representativo do motor.

As principais causas da degradação dos isolantes são: sobretensão de linha, sobreintensidade de corrente nas partidas, depósito de poeira formando pontes condutoras, ataque por vapores ácidos ou gases arrastados pela ventilação.

Para prevenir a degradação desses isolantes, recomendamos no quadro abaixo algumas medidas a serem tomadas:

PROCEDIMENTOS PARA MANUTENÇÃO DOS ISOLAMENTOS ELÉTRICOS
Equipar os quadros de alimentação com aparelhos de proteção e comandos apropriados e verificar periodicamente o seu funcionamento.
Aproveitar os períodos de parada dos motores para limpar as bobinas dos enrolamentos.
Caso necessário, instalar filtros nos sistemas de ventilação dos motores, proporcionando-lhes manutenção adequada.
Colocar os motores em lugares salubres.
Verificar qualquer desprendimento de fumaça.
Verificar periodicamente as condições de isolamento.
Equipar os motores com dispositivos de alarme e proteção contra curtos-circuitos.
Observar ruídos e vibrações intempestivas.
Observar sinais de superaquecimento e anotar periodicamente as temperaturas durante a operação.
Observar o equilíbrio das correntes nas três fases.
Verificar se a freqüência prevista para o motor é realmente igual à freqüência da rede de alimentação.

8.9 FIXAÇÃO CORRETA DOS MOTORES E ELIMINAÇÃO DE VIBRAÇÕES

O motor standard é construído para funcionar com eixo horizontal. Para funcionamento com eixo vertical ou outras inclinações, o motor deve ser construído para esse fim, geralmente equipado com um mancal de encosto.

Em poucas palavras, um motor nunca deve ser fixado numa inclinação qualquer de seu eixo sem que se tenha certeza de suas características próprias.

Vibrações anormais causam uma reduçào no rendimento do motor: elas podem ser conseqüência de uma falha no alinhamento, de uma fixação insuficiente ou defeituosa do motor em sua base, de folgas excessivas dos mancais, ou ainda de um balanceamento inadequado nas partes giratórias.

Para controlar este problema, podemos tomar algumas medidas preventivas, mostradas no quadro abaixo.

Medidas para Prevenir Vibrações
Observar o estado dos mancais.
Observar a vida útil média dos mancais (informação fornecida pelos fabricantes).
Controlar e analisar as vibrações de forma muito simples: basta colocar uma ferramenta sobre o mancal, aproximando o ouvido e detectando as falhas pelos ruídos produzidos.
Tomar cuidado ao substituir um rolamento por outro.
Nas paradas de longa duração, trocar periodicamente a posição de repouso dos rotores dos motores elétricos, assim como das partes móveis das máquinas.

8.10 LUBRIFICAÇÃO CORRETA DOS MANCAIS

É importante saber que a uma temperatura de 40ºC, a vida útil de um rolamento de esferas em funcionamento contínuo pode ser de 3 a 4 anos ou mais. No entanto, para cada 10ºC de elevação da temperatura de trabalho a vida útil diminui, em média, 50%.

A correta lubrificação dos rolamentos, além de permitir uma melhoria de rendimento, evita a elevação da temperatura que prejudica a vida útil desses equipamentos.

A lubrificação dos rolamentos é feita geralmente com graxa mineral. Quando as temperaturas de operação forem elevadas (de 120ºC a 150ºC) ou as velocidades de rotação forem acima de 1.500 rpm, usa-se óleo mineral para a lubrificação.

Esses óleos devem ter características lubrificantes adequadas às condições de trabalho.

Nos motores de pequena potência, a lubrificação inicial na montagem é prevista de modo a assegurar um número elevado de horas de funcionamento. Às vezes, a reserva de graxa é suficiente para toda a vida útil do equipamento. Nos motores maiores há necessidade de lubrificação externa. A freqüência de lubrificação depende do projeto dos mancais e das características dos lubrificantes

utilizados. No quadro abaixo são apresentadas algumas recomendações que podem garantir maior vida útil para os rolamentos e um menor consumo de energia.

RECOMENDAÇÕES PARA PROLONGAR A VIDA ÚTIL DOS ENROLAMENTOS
Respeitar os intervalos de lubrificação
Não engraxar excessivamente os rolamentos e limpá-los com gasolina antes de colar a graxa nova (salvo se houver evacuador automático de graxa)
Utilizar as graxas recomendadas pelo fabricante em função do serviço e da temperatura.
Para os mancais lubrificados a óleo, verificar os anéis de retenção e utilizar o óleo recomendado.
Observar a temperatura dos mancais em operação.
Cuidar para que a temperatura ambiente permaneça dentro dos limites normais.
Se o motor precisa funcionar num ambiente anormal, assinalar este fato ao fabricante no momento do pedido.
Durante a limpeza, evitar dos epósitos de poeira nas caixas de rolamentos.

8.11 DEFEITOS MAIS FREQÜENTES

TABELA I:

Nº	Defeito	Sistemas Externos	Sintomas Internos	Causas	Razões mais freqüentes	Cuidados Futuros
01	Estator queimado por sobrecarga	-Temperatura alta da carcaça; -Cheiro de queimado; -Atuação das proteções; -Baixa Resistência de Isolamento nas 3 fases.	- Cabeças das bobinas uniformemente carbonizadas nas 3 fases.	Sobrecarga baixa durante um tempo longo ou sobrecarga forte por tempo curto.	Ver TAB II	
02	Fase queimada	- Costuma acontecer em motores delta; - Baixa resistência de isolamento à massa de 1 fase; - Baixa resistência ôhmica da fase.	- Bobinas de fase carbonizada; - As duas outras fases intactas; - Sinais de curto na fase.	Falta de uma fase da alimentação. O motor ficou rodando como monofásico (com toda a carga).	- Fusível queimado numa fase; - Condutor de fase com interrupção.	- Verificar cabos e painéis; - Verificar o nível de rorina das proteções.
03	Duas Fases queimadas	- Costuma acontecer em motores Y; - Duas fases com baixa resistência de isolamento à massa; - Resistência ôhmica alterada em uma ou nas duas fases queimadas.	- Duas fases carbonizadas; - Uma fase intacta; - Às vezes, sinais de descarga entre espiras nas fases queimadas.	- Falta de uma Fase- motor rodando em monofásico.	- Cabo de fase interrompido; - Fusível queimado; - Falha no disjuntor térmico.	IDEM ITEM II
04	Curto entre duas fases	- As três fases com resistência de isolamento boa para a massa; - Resistência de isolamento nula entre 2 fases.	- Sinal de descarga entre duas fases, quase sempre na cabeça das bobinas.	- Colapso do isolante; - Sobretensão momentânea (manobra)	- Umidade excessiva; - Baixa resistência de isolamento entre fases; - Motor parado muito tempo.	IDEM ITEM II
05	Curto entre 1 fase e massa	- 2 fases com boa resistência de isolamento entre si; - 1 fase "furada" para a massa; - Resistência ôhmicas certas em duas fases; - Resistência boa ou nula na fase "furada".	- Muitas vezes não são visíveis; NOTA: Algumas proteções não atuam com o defeito se não houver interrupções por arco.			
06	Fase Interrompida	- Nos motores Y: interrupção ôhmica entre um borne e os outros dois; - Nos motores estrela: Nas 3 medições ôhmicas, uma é dupla das outras duas.				

TABELA II: Razões de sobrecarga mais freqüentes

	RAZÕES	FAZER	DETERMINAR	COMPARAR	SOLUÇÕES FUTURAS
01	Motores acoplados a ventiladores e a telas transportadoras com alto tempo de partida.	Análise da partida de motores a partir da curva de binário motor e binário resistente.	Curva de aceleração - Tempo de partida.	Rotor bobinado versus dupla gaiola.	- Gaiola dupla alta resistência; - Acoplador hidráulico; - Resistência Rotórica.
02	Roçamento do motor no estator devido a falha do rolamento.				Verificar as causas de falha do rolamento.
03	Sobrecarga (pequena) deliberada - regulagem alterada da proteção térmica.				- Proibir sobrecarga; - Colocar motor de maior potência;
04	Tensão excessivamente pequena - sobre-itnensidade resultante e má regulagem do relé (ou térmico) de sobre-intensidade.				Ver causa da queda de tensão.

Nas figuras abaixo temos as ilustrações dos principais defeitos listados acima.

Diagnóstico: Queima na bobina auxiliar ou de partida.

Causa: Causada normalmente pela não abertura do conjunto centrifugo-platinado, deixando esta bobina ligada por mais tempo que o especificado. Objetos estranhos que penetrem no interior do motor poderão provocar este defeito.

Diagnóstico: Curto entre espiras.

Causa: Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão.

Diagnóstico: Curto na conexão.

Causa: Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão.

Diagnóstico: Queima por sobrecarga.

Causa: A queima total do isolamento em todas as fases do enrolamento trifásico, origina-se na sobrecarga do motor. Subtensões e sobretensões provocarão o mesmo tipo de falha.

Diagnóstico: Curto contra a massa, na saída da ranhura.

Causa: Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão.

Diagnóstico: Curto entre fases.

Causa: Defeitos de isolamento, causados, caracteristicamente, por contaminações, abrasão ou oscilação de tensão.

Diagnóstico: Fase danificada por desbalanceamento da tensão da rede.

Causa: Tensões desiguais normalmente são motivadas por cargas não balanceadas na rede de alimentação, por conexões deficientes junto aos terminais do motor ou por mau contato. Um desequilíbrio de corrente de 6% a 10% da nominal.

Diagnóstico: Falta de fase, motor ligado em estrela.

Causa: Surge em conseqüência de interrupção numa fase da rede de alimentação do motor. Geralmente, é um fusível queimado, um contator aberto, uma linha de força interrompida ou conexão deficiente.

Diagnóstico: Queima na bobina principal.

Causa: A sobrecarga do motor provoca a queima total do isolamento da bobina principal do enrolamento monofásico. Subtensões, sobretensões ou ainda, a bobina auxiliar não conectada no momento da partida, causam o mesmo tipo de falha.

9. MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES

9.1 OTIMIZAÇÃO E MONITORAMENTO DA OPERAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

Os transformadores são máquinas estáticas que transferem energia elétrica de um circuito para outro, mantendo a mesma freqüência e, normalmente, variando valores de corrente e tensão. Esta transferência de energia é acompanhada de perdas que dependem basicamente da construção do transformador, do seu regime de funcionamento e da manutenção nele efetuada.

As principais perdas de energia em transformadores são as perdas no cobre e as perdas no ferro. As perdas no ferro são determinadas pelo fluxo estabelecido no circuito magnético e são praticamente constantes para cada transformador, estando ele operando com carga ou em vazio.

As perdas no cobre correspondem à dissipação de energia por efeito Joule, determinada pelas correntes que circular nos enrolamentos do primário e do secundário e dependem da carga elétrica alimentada pelo transformador, sendo proporcionais ao quadrado dessa carga.

Com relação às perdas no cobre, para se determinar o carregamento econômico de cada transformador devem ser considerados os parâmetros de construção, operação, tempo de utilização com carga e em vazio e o preço da eletricidade.

Na prática, deve-se evitar o funcionamento dos transformadores com carga superior à potência nominal. O carregamento máximo deve situar-se em torno de 80%.

Para as perdas no ferro, deve-se avaliar o regime de operação em vazio de cada transformador, verificando-se a possibilidade de desligamento nos períodos onde eles não fornecem energia útil, evitando essas perdas. Essa avaliação deve levar em consideração as características construtivas de cada transformador e os custos de operação e manutenção envolvidos. Por exemplo, pode ser interessante dispor-se de um transformador de menor porte, exclusivo para a alimentação da iluminação, de modo que seja permitido mantê-la ligada para a execução dos serviços de limpeza e vigilância nos horários em que a empresa não estiver funcionando.

9.2 CONSIDERAÇÕES QUANTO À INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES

ALTITUDE DE INSTALAÇÃO

Os transformadores são projetados conforme as normas da ABNT, para altitudes de até 1.000m acima do nível do mar. Em altitudes superiores, o transformador terá sua capacidade reduzida, ou necessitará de um sistema de arrefecimento mais eficaz.

LIGAÇÕES

As ligações de transformador devem ser realizadas de acordo com o diagrama de ligações de sua placa de identificação. As ligações das buchas deverão ser apertadas adequadamente, cuidando para que nenhum esforço seja transmitido aos terminais, o que viria a ocasionar afrouxamento das ligações, mau contato e posteriormente vazamentos por sobreaquecimento no sistema de vedação. As terminações devem ser suficientemente flexíveis a fim de evitar esforços mecânicos causados pela expansão e contração, que poderão quebrar a porcelana dos isoladores.

ATERRAMENTO DO TANQUE

O tanque deverá ser efetiva e permanentemente aterrado através do seu conector de aterramento. Uma malha de terra permanente de baixa resistência é essencial para uma proteção adequada.

COMPONENTES DE PROTEÇÃO E MANOBRA

Os transformadores devem ser protegidos contra sobrecarga, curto-circuito e surtos de tensão. Normalmente, usam-se chaves flexíveis, disjuntores, seccionadores, pára-raios, etc. Devem ser instalados o mais próximo possível do transformador.

9.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA DE TRANSFORMADORES

GENERALIDADES

A partir das informações das rotinas periódicas, a Manutenção propõe à operação e, em caso de dúvida, à Superintendência Geral, o procedimento que deve ser adotado para Manutenção Preventiva ou Corretiva.

Para alguns tipos de informações colhidas impõe-se uma atuação urgente, pois, no caso de demora, podem ocorrer avarias muito grave no transformador.

Em outros casos, a atuação de manutenção pode aguardar algum tempo. Será possível, neste caso, a programação detalhada das verificações e trabalhos de beneficiação a executar. A data de paragem pode ser programada de acordo com os interesses do planejamento e da operação.

A título de exemplo, vão ser indicadas algumas ocorrências típicas que levam a atuações urgentes ou programadas.

ATUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Certas ocorrências, verificadas pela manutenção nas visitas de rotina ou pelo próprio pessoal da operação, exigem desligamento imediato. Nos casos a seguir indicados não podem ser permitidas demoras no desligamento, qualquer queseja o estado de carga da rede ou os interesses imediatos da operação. É preciso que tenha havida negociação prévia e acordo entre manutenção e operação para que a atuação seja imediata, sem dúvidas e sem necessidade de consultas.

Eis algumas dessas situações:

1) Ruído Interno Anormal

Numa máquina estática, estes ruídos significam normalmente a ocorrência de arcos elétricos de partes em tensão para as partes metálicas ligadas à terra ou entre partes de tensão. Como exemplos, pode ocorrer um arco entre camadas numa bobina de A.T. ou uma disrupção entre uma conexão e o tanque, etc.

Numa fase inicial, um arco deste tipo, sendo um evento grave, pode manter-se localizado e correspondendo a danos limitados. A reparação pode ser parcial(refazer ou substituir uma bobina, refazer um isolamento, alterar uma distância, tratar o óleo) e demorar relativamente pouco tempo.

Porém, qualquer demora no desligamento do transformador pode significar uma extensão do defeito e conduzir a danos gravíssimos, com desligamento,evidentemente, das proteções de máxima e diferenciais. Nestes casos o defeito pode ir até o nível de destruição do transformador.

2) Vazamento forte de óleo

Também neste caso não é possível aguardar pois corre-se o risco de o nível baixar a valores inferiores ao mínimo admissível e de se estabelecerem disrupções do ar das partes superiores em tensão.

3) Dispositivo de pressão atuado

Neste caso o disparo pode ser automático. Não se deve tentar o religamento antes de se ter verificado e corrigido a causa da sobre-pressão. A causa é, normalmente, um arco interno que pode não ser audível.

4) Relé de gás atuado

O relé de gás tem habitualmente dois níveis de atuação: alarme e disparo.

A atuação do alarme corresponde a pequenas liberações de gás. É necessário verificar por testes simples, a natureza deste gás. Pode ser constituído por gasesdissolvidos, vapores de compostos voláteis formados pelo aquecimento, pequenas bolhas devidas à decomposição por descargas corona, etc.

O gabinete de métodos deve indicar os testes a efetuar e os critérios em que a liberação é admissível. Se a natureza dos gases for indicativa de possível arco, então, o transformador deve ser desligado o mais rapidamente possível mesmo que apenas tenhas ocorrido alarme.

Se houver atuação do flutuador e contatos de disparo do relé de gás, então o transformador, desligado por disparo do disjuntor, não pode ser novamente religado. É necessário investigar, por exame da parte ativa, qual foi a causa da ocorrência e proceder aos reparos necessários.

5) Quebra do diafragma da válvula de segurança (tubo de explosão)

A atuação é idêntica a do item 3.

6) Sobreaquecimento excessivo nos conectores, verificado por termovisão

Este aquecimento pode significar a iminência de um mau contato franco e de um arco com destruição do conector. Também nesta ocorrência não é possível aguardar que a anomalia degenere até o nível de destruição. O transformador tem que ser retirado de serviço.

7) Anomalias dos acessórios de proteção e medição

Neste grupo de anomalias, a listagem das que exigem desligamento deve basear-se nas particularidades do transformador e ser estabelecida pelo gabinetede métodos, de acordo com o fabricante.

DESLIGAMENTOS PROGRAMADOS

Outras anomalias verificadas, apesar de não oferecerem riscos a curto prazo, devem exigir um desligamento do transformador no prazo mais curto possível, sem grande prejuízo das condições de exploração do sistema. Algumas dessas condições anormais são as seguintes:

1. Vazamentos de óleo pequenos ou moderados, não oferecendo o risco de abaixamento perigoso do nível.
2. Aquecimento pequeno nos conectores (indicado pelos critérios de termovisor).
3. Anormalidades no ensaio de óleo, isto é, valores nas tabelas (pg.26 - NBR-7037/1981) ou valores considerados anormais por comparação com medições anteriores.

4. Anomalias na atuação do comutador de derivação em carga. Bloquear a atuação do comutador, de acordo com a operação e aguardar para desligamento em ocasião mais propícia.

SECAGEM DA PARTE ATIVA DOS TRANSFORMADORES

Sempre que no ensaio de rigidez dielétrica e determinação do teor de água se verificam índices excessivos de umidade no óleo é necessário:

- Desidratar o óleo;
- Secar a parte ativa do transformador.

De fato a capacidade de absorção de água nos isolantes sólidos é muito alta, maior do que no óleo. No equilíbrio que se estabelece entre o óleo e os dielétricos sólidos, a quantidade de água retirada por absorção nos isolantes de papel e papelão atinge uma proporção ponderal superior.

Será útil proceder ao tratamento e secagens do óleo se a parte ativa contiver retida água nos isolantes. Ao fim de pouco tempo o óleo voltará quase ao mesmo estado de umidade anterior.

Os métodos a adotar para as secagens da parte ativa (núcleo, enrolamentos e conexões) dependem da dimensão do transformador e das facilidades disponíveis.

ENCHIMENTO COM ÓLEO

Antes de se iniciar o enchimento de um transformador, com óleo provindo do tanque de armazenamento é necessário circular o óleo pelo equipamento de tratamento e pelo tanque até se obterem para o óleo características iguais ou superiores às estabelecidas para o óleo novo.

Nos casos em que o tanque suporta vácuo, o enchimento deve ser feito com a pressão no interior do tanque reduzida até o valor de cerca de 2mmHg, durante a fase inicial. O tempo durante o qual é aplicado o vácuo deve ser suficiente para a secagem do transformador. Uma regra é aplicar o vácuo durante um tempo igual ao período durante o qual esteve aberto acrescida de mais 4 horas.

Antes de iniciar o enchimento, deve-se aterrar o tanque e os terminais e também as mangueiras, tubulações e todo o equipamento de tratamento e enchimento. Esta precaução destina-se a evitar cargas estáticas que possam produzir descargas e incendiar o óleo.

A temperatura do óleo deve estar entre 40^0 C e 60^0 C.

O enchimento deve ser efetuado pela parte inferior do transformador e deve ser realizado até que toda a parte ativa esteja coberta de óleo.

Durante a operação de enchimento deve ser verificado o valor da rigidez dielétrica do óleo de hora em hora. O vácuo deve ser verificado todos os 5 minutos. Os valores de rigidez dielétrica devem ser concordantes com os obtidos antes do início do enchimento e devem respeitar os limites indicados na tabela da NBR-7037/1981.

MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS ENROLAMENTOS

Alguns ensaios dão indicações quanto ao estado interno do transformador. Um ensaio que é executado durante a recepção, mas que é necessário após reparação dos enrolamentos ou após a ocorrência de arcos internos, com fins de diagnóstico, é o ensaio de medição da resistência dos enrolamentos.

Após manutenção, desequilíbrio na resistência das fases pode indicar erros no número de espiras, diferenças nas seções das barras ou até alterações na qualidade do cobre eletrolítico usado. Depois da ocorrência de ruídos internos que levam à suspeita de arcos, a medição cuidadosa das resistências ôhmicas dos vários enrolamentos pode indicar se houve corte de condutores ou curto circuito entre espiras de camadas antes mesmo da abertura do tanque.

10. MANUTENÇÃO DE DISJUNTORES

10.1 GENERALIDADES

A manutenção dos disjuntores de pequeno volume de óleo requer, fundamentalmente, cuidados com os seguintes componentes: Óleo isolante, contatos, buchas, atuador mecânico e circuitos auxiliares.

Os cuidados com o óleo são idênticos, em grande parte, aos que são realizados na manutenção de transformadores. Devem ser adotadas, por exemplo, as práticas:

- Extração do óleo para ensaios de umidade e de rigidez dielétrica;
- Técnica de ensaio de rigidez dielétrica;
- Enchimento com óleo.

Há porém diferenças no que concerne às características admissíveis para o óleo de enchimento de disjuntores, como se indicará.

Também a degradação do óleo num disjuntor, após um certo número de atuações, é muito rápida, devido às decomposições e carbonizações produzidas pelo arco elétrico. Os ensaios de verificação e os tratamentos de óleo serão muito mais freqüentes.

A parte mecânica requer cuidados especiais pois dela depende o bom desempenho do disjuntor.

Deve ser verificada, no teste de recepção e após manutenções, ou mesmo preventivamente, a simultaneidade dos pólos.

Também deve-se proceder, quando necessário, testes de medição dos tempos de abertura e fechamento.

Outras verificações muito importantes para a manutenção são:

- Verificação da resistência ôhmica dos contatos principais;
- Verificação dos contatos auxiliares;
- Verificação dos resistores de fechamento (se existirem);

Nos disjuntores de corrente alternada de alta e extra tensão é necessário proceder a ensaios mais elaborados que a manutenção deve dominar. Estes ensaios são executados não só na recepção como também após trabalhos de revisão mecânica e elétrica ou de manutenção corretiva.

Estes ensaios são normalmente designados como: ensaios sintéticos com métodos de injeção. Pela sua complexidade, só podem ser, normalmente, feitos no fabricante.

10.2 ENSAIOS SINTÉTICOS COM MÉTODOS DE INJEÇÃO

Estes ensaios estão descritos em grande detalhe teórico na NBR 7102/1981. Os circuitos de ensaio direto estão, por sua vez, normalizados pela NBR 7118.

Designa-se como ensaio sintético um ensaio de curto-circuito no qual a corrente total de curto ou uma grande porcentagem desta corrente é fornecida por uma fonte (circuito de corrente à freqüência industrial), ao passo que a tensão de restabelecimento transitória provém na sua totalidade ou parcialmente de outras fontes separadas (circuitos de tensão).

A tensão nos bornes da fonte de corrente à freqüência industrial, é normalmente, uma fração da tensão da fonte de tensão. a potência necessária para o ensaio é, assim, muito menor.

Há duas variantes do ensaio sintético:

MÉTODO DE INJEÇÃO DE CORRENTE: A fonte de tensão é ligada ao circuito de ensaio "antes" do zero de corrente (antes do apagamento do arco); a fonte de tensão fornece deste modo a corrente através do disjuntor sob ensaio durante o período de zero de corrente.

MÉTODO DE INJEÇÃO DE TENSÃO: A fonte de tensão é ligada ao circuito emensaio "após" o zero de corrente. Então o circuito de corrente à freqüência industrial, fornece a corrente através do disjuntor durante o período de zero de corrente.

10.3 VERIFICAÇÃO DA SIMULTANEIDADE DOS PÓLOS (DISJUNTORES TRIFÁSICOS)

Após a manutenção de disjuntores é necessário proceder a testes para verificar a simultaneidade de fechamento dos pólos. As técnicas mais correntes são descritas a seguir:

DISJUNTORES DE GRANDE VOLUME DE ÓLEO

O método adotado é muito simples. São estabelecidos três circuitos alimentados, por uma baixa tensão alternada ou contínua, e constituídos cada um pelo contato do disjuntor e por uma lâmpada.

O disjuntor é fechado lentamente, por meios manuais. Antes da regulagem de espaço entre contatos, as três lâmpadas acendem em momentos diferentes.

O ajuste da simultaneidade dos pólos consiste, evidentemente, em levar as lâmpadas a acender no mesmo momento.

DISJUNTORES DE A.T e E.A.T.

Nos disjuntores a ar ou a SF_6 o ensaio de fechamento simultâneo é, habitualmente, realizado nas seguintes condições:

- Disjuntor no local de instalação, já montado;
- Alimentação dos 3 pólos com uma tensão auxiliar contínua de 12 volts (dada, por exemplo, por uma bateria);
- Limitação da corrente (após o fechamento) com 3 resistores com um valor na ordem das dezenas de ohms;
- Conexão de um osciloscópio de 3 canais, com entrada ligadas aos terminais dos resistores;
- Estabelecimento do circuito da bobina de fechamento;

• Envio de um sinal de corrente da bobina de fechamento para o osciloscópio;
• Envia-se sinal de fechamento do disjuntor;
• Mede-se os tempos de fechamento a partir dos resultados mostrados no osciloscópio, verificando-se a simultaneidade (ou não) dos pólos;
• Os ajustes mecânicos permitirão a melhor simultaneidade possível.

11. NOÇÕES SOBRE CONFIABILIDADE:

11.1 INTRODUÇÃO

A operação prolongada e eficaz dos sistemas produtivos de bens e serviços é uma exigência vital em muitos domínios. Nos serviços, como a Produção, Transporte e Distribuição de Energia, ou no serviço de transportes, as falhas súbitas causadas por fatores aleatórios devem ser entendidas e contrabalançadas se se pretende evitar os danos não só econômicos mas especialmente sociais.

Também nas Indústrias, hoje caracterizadas por unidade de grande volume de produção e de alta complexidade, dotadas de sistemas sofisticados de automação, impõe-se, com grande acuidade, a necessidade de conhecer e controlar as possibilidades de falhas, parciais ou globais, que possam comprometer, para lá de certos limites, a missão produtiva. As perdas operativas traduzem-se aqui por elevados prejuízos econômicos para a empresa e para o país.

Estas exigências impulsionaram a criação e desenvolvimento de uma nova ciência: A TEORIA DA CONFIABILIDADE. Esta disciplina tem por escopo os métodos, os critérios e as estratégias que devem ser usados nas fases de concepção, projeto, desenvolvimento, operação, manutenção e distribuição de modo a se garantir o máximo de eficiência, segurança, economia e duração.

Em especial, viza-se ao prolongamento da atividade do sistema a plena carga e de modo contínuo, sem que o sistema seja afetado por defeitos nas suas partes integrantes. Fundamentalmente, a teoria da Confiabilidade tem como objetivos principais:

• Estabelecer as leis estatísticas da ocorrência de falhas nos dispositivos e nos sistemas.
• Estabelecer os métodos que permitem melhorar os dispositivos e sistemas mediante a introdução de estratégias capazes da alteração de índices quantitativos e qualitativos relativos às falhas.

A teoria da Confiabilidade (ou, apenas, Confiabilidade) usa como ferramentas principais:

• A Estatística Matemática
• A Teoria das Probabilidades
• O conhecimento experimental das causas das falhas e dos parâmetros que as caracterizam nos diversos tipos de componentes e sistemas.
• As regras e estratégias para melhorar o desempenho dos sistemas de várias naturezas e as técnicas para o desenvolvimentos dos sistemas.

Uma das finalidades da Confiabilidade é a elaboração de regras que permitam a concepção de sistemas muito complexos (computadores, redes elétricas, usinas químicas, sistemas de geração elétrica, aviões, naves espaciais, sistema de controle e proteção, etc) capazes de funcionar satisfatoriamente mesmo com a ocorrência de falhas em alguns dos seus componentes mais críticos. Os princípios da Teoria da Redundância nasceram deste problema.

Um dos primeiros domínios onde, por força da necessidade foram usados computos estatísticos para a determinação da confiabilidade foi o da Produção e Distribuição de Energia Elétrica.

Mas foram, especialmente, o advento dos computadores de altíssima complexidade de circuito e com enorme número de componentes, as missões espaciais e as necessidade militares que forçaram à maturação, em termos mais elaborados, da Teoria da Confiabilidade.

Para citar alguns domínios onde a Teoria da Confiabilidade é de aplicação necessária, nomeamos os seguintes:

- Sistemas elétricos de potência, de geração, transmissão e distribuição.
- Concepção de sistemas eletrônicos analógicos e digitais.
- Redes de transporte, aéreas, marítimas e terrestres.
- Organização da Manutenção Corretiva e Preventiva dos processos e serviços.
- Cadeias de produção de peças.
- Estocagem de peças.
- Usinas nucleares.
- Missões Espaciais.
- Concepção de sistemas de controle e proteção.
- Planejamento da expansão dos Sistemas de Produção e Transporte de Energia Elétrica, etc.

11.2 CONCEITOS BÁSICOS DE CONFIABILIDADE

CONFIABILIDADE - É a probabilidade de um sistema (componente, aparelho, circuito, cadeia de máquinas, etc) cumprir sem falhas uma missão com uma duração determinada.
Por exemplo, se a confiabilidade de um computador de um Centro de Operações do Sistema (COS) for de 99,95% (para um período de 1 ano) isto significa que a probabilidade de o computador funcionar sem defeito durante um ano é de 99,95%.

TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (TMF ou MTBF) - É o tempo médio de trabalho de um certo tipo de equipamento (reparável) entre 2 falhas seguidas.

DURAÇÃO DE VIDA - Tempo durante o qual um componente ou um sistema mantém a sua capacidade de trabalho, fora do intervalo dos reparos, acima de um limite especificado (de rendimento, de pressão, etc).

TEMPO MÉDIO PARA A FALHA (MTFF) - É o valor médio dos tempos de funcionamento, sem contar o tempo de manutenção.

MTBF = MTFF + Tempo de Reparo

CONFIABILIDADE MEDIDA (OU ESTIMADA) - É a confiabilidade de um certo equipamento medida através de ensaios empíricos (normalmente no fabricante).

CONFIABILIDADE PREVISTA (OU CALCULADA) - É a confiabilidade observada durante a operação real dos componentes e dos sistemas. É este valor da confiabilidade média de grande número de casos que permite a aferição das confiabilidades medida e prevista.

EFICÁCIA DE UM COMPONENTE OU SISTEMA - É a capacidade de desempenho da função pretendida, incluindo a freqüência de falhas, o grau de dificuldades da manutenção e reparação e a adequação ao trabalho projetado.
É interessante notar que o projetista e o utilizador tem conceitos diferentes sobre o melhor modo dedesempenhar a função pretendida. Assimilando o sistema a um ser vivo, poderíamos dizer que o projetista fornece a hereditariedade do sistema e o utilizador contribui com o meio ambiente. A eficácia do sistema depende da interação entre os 2 conjuntos de fatores.

DEPENDABILIDADE - Medida da condição de funcionamento de um item em um ou mais ponto durante a missão, incluindo os efeitos da Confiabilidade, Mantenebilidade e Capacidade de sobrevivência, dadas as condições da seção no início da missão, podendo ser expressa como probabilidade de um item:

a) entrar ou ocupar qualquer um dos seus modos operacionais solicitados durante uma missão especificada, ou
b) desempenhar as funções associadas com aqueles modos operacionais.

DISPONIBILIDADE - Medida do grau em que um item estará em estado operável e confiável no início da missão, quando a missão for exigida aleatoriamente no tempo.

ENVELHECIMENTO ACELERADO - Tratamento prévio de um conjunto de equipamentos ou componentes, com a finalidade de estabilizar suas características e identificar falhas iniciais.

MANTENEBILIDADE - Facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante os procedimentos e meios prescritos.

11.3 TIPOS DE FALHAS

Entende-se por falhas a diminuição parcial ou total da eficácia, ou capacidade de desempenho, de um componente ou sistema.

De acordo com o nível de diminuição da capacidade, pode se classificar as falhas em:

- Falhas Totais
- Falhas Parciais

Por exemplo, um rolamento de esferas defeituoso pode ainda operar durante algum tempo, apesar de ruidoso e com sobreaquecimento (falha parcial) ao passo que a capacidade de desempenho de uma lâmpada fundida é nula, sem qualquer meio termo.

Conforme o modo como a falha evolui no tempo, desde o seu início, podemos considerar duas possibilidades de falhas:

- Falhas Catastróficas
- Falhas Graduais

Como falhas catastróficas, cita-se um curto-circuito numa linha de transporte deenergia elétrica ou um bloco motor de explosão quebrado.

A alteração gradual da emissão catódica de um monitor de computador ou o desgaste na camisa de um cilindro de um motor diesel, constituem casos de falhas graduais (ou paramétricas).

Em alguns domínios da indústria e dos serviços podem ocorrer, quanto à duração da falha:

- Falhas Temporárias (curto-circuito linha terra ou entre fases, devido a uma causa passageira).
- Falhas Intermitentes (mau contato no borne de um relé)
- Falhas Permanentes (lâmpada fundida, bobina queimada)

As falhas de vários componentes podem, ou não, estar ligadas causalmente entre si. Se uma falha em um elemento induz falhas em outros, diz-se que a falha é do tipo DEPENDENTE.

Por exemplo, um resistor aberto no circuito anódico de uma válvula, pode levar esta à destruição. Uma folga excessiva no mancal de um motor elétrico, pode levar a um roçamento do rotor na massa estatórica e produzir a destruição do motor.

Se não houver inter-relação entre falhas, elas são do tipo INDEPENDENTE.

11.4 A FUNÇÃO CONFIABILIDADE

A confiabilidade constitui a probabilidade de funcionamento sem falhas durante um tempo t, cuja função designativa é:

$$P(0) = R(t) - e^{-\lambda t}$$

É interessante deduzir diretamente esta expressão da Confiabilidade.

Considere-se o caso de uma população inicial de N_o Componentes idênticos, todos em funcionamento (ou sob teste). Ao fim do tempo t há um número $N_s(t)$ de sobreviventes. O número $N_f(t)$ de elementos falhados ao fim do tempo t é:

$$N_f(t) = N_O - N_S(t)$$

Por definição, a confiabilidade será dada pela probabilidade de sobrevivência, ou seja:

$$R(t) = \frac{N_S(t)}{N_0}$$

Admitamos uma população homogênea de componentes para os quais a taxa de falha ë seja constante. Taxa de falhas constante significa que, em intervalos de tempo elementares, de duração dt, o número de componentes falhados (mortalidade) é dado por:

$$dN(t) = -N(t).e.dt(t)$$

Sendo: N(t) a população no instante t.

A partir desta expressão é fácil deduzir a equação que dá N(t) em função do tempo.

De modo que:

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda.dt$$

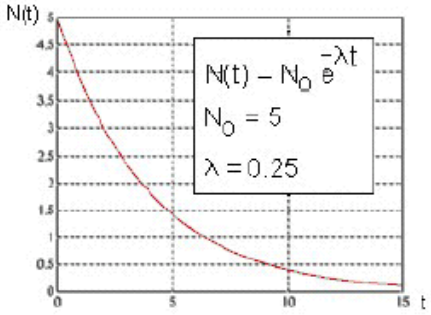
$$\int_{N_o}^{N(t)} \frac{1}{N(t)} \cdot dN(t) = -\lambda.dt \qquad \ln[N(t)] - \ln[N_o] = -\lambda.t$$

$$\ln \frac{N(t)}{N_o} = -\lambda.t \qquad \frac{N(t)}{N_o} = e^{-\lambda.t}$$

De modo que:

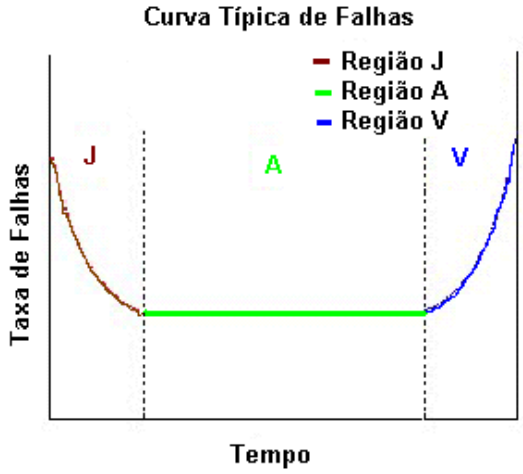
$$N(t) = N_o.e^{-\lambda.t}$$

A curva representativa da diminuição da população útil em função do tempo está ilustrada na figura abaixo:



11.5 CURVA TÍPICA DE FALHAS

A curva da taxa de falhas de grande número de componentes e sistemas é caracterizada por uma curva, designada por Curva em Banheira, na qual se distinguem 3 regiões:



• **Região J**, designada como Período de Taxa de Falhas Inicial (ou período Juvenil).

Corresponde ao período de partida da componente ou sistema e é caracterizado por uma taxa de falhas relativamente alta, a qual decresce com o tempo tendendo para um valor mais baixo e constante.

Na população humana verifica-se uma curva deste tipo para a mortalidade dos indivíduos. A taxa de mortalidade é mais alta nos primeiros meses de vida (mortalidade infantil); essa taxa cai rapidamente e, por exemplo, é muito menor para crianças de 2 anos do que para recémnascidos.

O mesmo acontece com circuitos eletrônicos, rolamentos, lâmpadas elétricas, etc.

• **Região A**, designada como Período de Taxa de Falhas Constante (ou período adulto). Durante este período, que normalmente abrange a maior parte da vida útil do componente ou sistema, a taxa de falhas é, aproximadamente, constante. Corresponde à idade adulta nas populações humanas. Durante este período, a mortalidade, devida as causas aleatórias, verifica-se a uma taxa constante.

Pretende-se que os equipamentos de responsabilidade funcionem dentro deste período, após ultrapassado o período inicial de taxa alta. Com esta finalidade, exigem-se, em certos casos, tratamentos prévios designados por Envelhecimento, com a finalidade de estabilizar as características de equipamentos ou componentes e identificar falhas iniciais. Esta exigência é corrente em instrumentos, circuitos eletrônicos de comando, etc.

• **Região V**, designada como Período de Falhas devidas à Deterioração (ou período Senil). É um período que se segue ao de taxa de falhas constante e durante o qual a taxa de falhas sobe rapidamente, devido a processos de deterioração (mecânica, elétrica, química, etc.). As avarias, se não forem tomadas precauções prévias (manutenção preventiva), acabam por se suceder catastroficamente em toda a população.

12. PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PARA ECONOMIA DE ENERGIA

12.1 MANUTENÇÃO: ELEMENTO CHAVE PARA A UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA

Um programa bem elaborado de manutenção é um ponto importante de qualquer política de utilização racional de energia elétrica nas empresas.

As grandes empresas, normalmente possuem um setor ou departamento, que elabora as diretrizes com relação ao consumo de energia. O mesmo, porém, não acontece nas pequenas e médias empresas, onde normalmente essas responsabilidades cabem ao chefe do departamento de manutenção.

O chefe de manutenção tem um papel importante a desempenhar em todas as etapas relacionadas com a implantação de um programa coerente e permanente de conservação de energia.

Com sua equipe, o responsável pela manutenção precisa:

- Detectar todas as possibilidades de otimizar as instalações existentes;
- Identificar pontos falhos e propor a implantação de equipamentos e procedimentos para a correção desses pontos;
- Acompanhar o efeito dos investimentos realizados para a economia de energia nos sistemas de produção (estas economias devem ser obtidas na instalação e consolidadas ou até aumentadas a cada ano);
- Medir os fluxos energéticos, estabelecer a contabilidade dos mesmos e seguir a evolução dos consumos;
- Intervir de maneira ativa na motivação e formação do pessoal.

12.2 CONHECER MELHOR PARA ADMINISTRAR MELHOR

Toda política de controle de energia apóia-se na seguinte idéia básica: a energia precisa ser controlada como qualquer outro elemento de custo na empresa.

Porém, só é possível administrar o que é medido e quantificado.

A primeira etapa consiste em implantar meios que permitam a medição e monitoramento dos consumos de energia.

Seguindo essas medições, será possível detectar falhas, estabelecer prioridades de ação e estimar a eficácia das intervenções. Esta fase inclui a elaboração de "planilhas de controle" que permitirão contabilizar a energia na empresa.

Cada empresa tem suas características próprias, cabendo ao chefe de manutenção determinar a forma ideal de estabelecer esse controle em função, principalmente, dos recursos de medição e mão-de-obra disponíveis, das rotinas de manutenção já existentes e das possibilidades de investimento para aprimoramento da medição.

Onde houver eletricidade, existe sempre a possibilidade de ocorrerem perdas.

Através de medições adequadas, podemos efetuar um exame preliminar das instalações, que permitirá detectar desperdícios, identificar as maneiras possíveis de eliminá-los e ainda avaliar o grau de urgência das ações para a correção dos problemas.

12.3 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As principais perdas observadas na distribuição de energia elétrica provêm de: aumento progressivo de carga nos circuitos elétricos, utilização de cabos que suportam maiores temperaturas mas são poucos eficazes do ponto de vista energético, distribuição a longa distância em baixa tensão e posicionamento inadequado dos capacitores.

Apresentamos a seguir algumas medidas que podem ser utilizadas pelos técnicos de manutenção para minimizar essas perdas em suas instalações:

12.3.1 CIRCUITOS ELÉTRICOS

DIMENSIONAMENTO CORRETO DOS CONDUTORES

O dimensionamento de condutores é feito, normalmente, pelos critérios de condução de corrente e pela queda de tensão no circuito, sem levar em consideração as perdas de energia elétrica.

Através de normas técnicas e tabelas dos fabricantes de condutores, a partir da corrente que circulará no circuito, do tipo de instalação dos condutores e do comprimento do circuito, determina-

se a seção do condutor a ser utilizada ou, ainda, verifica-se se o condutor em utilização está bem dimensionado. Os condutores, porém, evoluíram ao longo dos anos, sobretudo a partir do uso de isolantes mais eficientes que lhes permitem trabalhar com temperaturas mais elevadas sem comprometimento da segurança da instalação, significando um aumento do limite da corrente de operação e, conseqüentemente, ocasionando maiores perdas por efeito Joule.

Naturalmente, não é recomendável substituir sistematicamente um condutor existente por outro de maior seção. O importante, no caso de instalações existentes, é reduzir a corrente que circular em cada circuito, especialmente naqueles de maior comprimento. Para isto, uma das soluções possíveis é redistribuir as cargas dos circuitos disponíveis ou ainda construir novos circuitos, aliviando o carregamento dos demais.

LEMBRE-SE !!!!! AO ANALISAR O DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS, CONSIDERE TAMBÉM AS PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA ENVOLVIDAS.

UTILIZAÇÃO DE TRANSFORMADORES SATÉLITES

O transporte de correntes elevadas em baixa tensão é muito oneroso, seja em função da necessidade de utilização de condutores com maiores seções, seja pelas perdas de energia devido ao efeito Joule.

Pode-se reduzir, simultaneamente, estes dois custos instalando os centros de transformação nas proximidades dos centros de carga das instalações.

Esta política conduz a um aumento no número de transformadores existentes e exige a implantação de uma rede interna de alta tensão para alimentá-los. Os longos circuitos de distribuição mais carregados são assim substituídos por cabos de alta tensão com seções menores e perdas significativamente menores.

Quando for necessário instalar equipamentos de grande potência a longas distância do ponto de transformação, torna-se interessante, do ponto de vista da economia de energia, a instalação de transformadores satélites.

POSICIONAMENTO CORRETO DOS CAPACITORES

Os capacitores compensam a energia reativa somente nos trechos dos circuitos elétricos situados antes deles. Para obter uma melhor eficiência é necessário, portanto, distribuir criteriosamente os capacitores procurando posicioná-los nas proximidades dos equipamentos que solicitam energia reativa.

Em grande parte das instalações elétricas, os capacitores são instalados na cabine primária. Nessa situação, a corrente reativa que circula sobrecarrega os circuitos, provocando maiores perdas por efeito Joule nos condutores. Sempre que for analisado o posicionamento dos capacitores de uma instalação deve-se considerar a possibilidade de instalá-los o mais próximo possível dos equipamentos utilizadores.

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO

Além dos conceitos já apresentados para a redução das perdas de energia em circuitos de distribuição, deve-se também atentar para os procedimentos de manutenção que resultem no bom funcionamento das instalações, o que se constitui num fator importante a ser considerado na implantação de programas de economia de energia elétrica.

Estes procedimentos são apresentados de forma resumida no quadro abaixo.

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	
Procedimentos	**Periodicidade**
Verificação das condições dos isolamentos	Quinzenal
Verificação dos painéis e aparelhos elétricos - Despoeiramento e limpeza	Semestral
Verificação dos contatos e conexões - Reaperto dos parafusos - Verificação da qualidade das ligações à Terra	Anual

OBS: VER CAPÍTULOS REFERENTES A MANUTENÇÃO DE MOTORES E TRANSFORMADORES, PARA OS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO P/ ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA.

12.4. ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação, via de regra, apresentam um significativo potencial de economia de energia. Sem prejuízo da iluminância desejada para as atividades desenvolvidas nos locais atendidos, é possível otimizar estes sistemas obtendo-se redução no consumo de eletricidade.

Aqui também, um controle eficaz de materiais e equipamentos se traduz em um boa solução para a obtenção de economias substanciais, que podem ser conseguidas com a otimização na operação dos sistemas de iluminação, escola criteriosa das fontes de iluminação, componentes acessórios e, evidentemente, com um programa de manutenção adequado das instalações.

12.4.1 OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EXISTENTES

A utilização racional dos sistemas de iluminação pode trazer economias significativas de energia com a vantagem de, normalmente, exigir pouco investimento para a execução das medidas envolvidas nessa racionalização.

Dentre as inúmeras medidas que podem ser adotadas, as mais representativas são:

- Redução da iluminância a níveis adequados, respeitando-se o previsto em norma nos locais onde a iluminação é excessiva;
- desligamento da iluminação nos locais que não estão sendo ocupados;
- utilização de interruptores para maior flexibilidade no uso da iluminação;
- aproveitamento, sempre que possível, da iluminação natural.

12.4.2 UTILIZAÇÃO DE LÂMPADAS MAIS EFICIENTES

Existem no mercado vários tipos de lâmpadas que podem ser utilizados. Cabe ao responsável pela manutenção determinar qual o tipo de lâmpada mais indicado, considerando basicamente as seguintes características:

- **Eficiência luminosa:** representa o número de lúmens produzidos pela lâmpada, por Watt consumido.
- **Cor aparente da lâmpada:** deve ser avaliada para harmonizar a iluminação do ambiente.

- **Reprodução de cores:** caracteriza a capacidade das lâmpadas em não deformar o aspecto visual dos objetos que iluminam.
- **Vida útil:** representa o número de horas de funcionamento das lâmpadas, definido em laboratório, segundo critérios pré-estabelecidos.
- **Custos do equipamento e instalação:** devem ser utilizados numa análise de custo/benefício a ser realizada.

Portanto, sempre que possível, devemos utilizar lâmpadas de alta eficiência luminosa, com maior vida útil e melhor relação custo/benefício, bem adaptadas ao ambiente onde serão utilizadas.

Pode-se, por exemplo, dependendo das características da instalação e do local, substituir lâmpadas mista por vapor de sódio de alta pressão que consomem 5 vezes menos, com vida útil 2 vezes maior.

No quadro abaixo apresentamos, a título de ilustração, os tipos de lâmpadas existentes no mercado.

TIPOS DE LÂMPADAS

TIPOS	POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA LUMINOSA (lm/W)	COR APARENTE	REPRODUÇÃO DE CORES	VIDA ÚTIL MÉDIA (h)	REATOR
INCANDESCENTE	25 a 500	10 a 20	QUENTE	EXCELENTE	1.000	NÃO
LUZ MISTA	160 a 500	15 a 25	INTERMED.	MODERADA	6.000	NÃO
FLUORESCENTE TUBULAR	15 a 110	45 a 90	QUENTE INTERMED. FRIA	EXCELENTE A MODERADA	7.500	SIM
FLUORESCENTE COMPACTA	5 a 13	50 a 80	QUENTE	BOA	8.000	SIM
VAPOR DE MERCÚRIO	80 a 1.000	40 a 60	INTERMED.	MODERADA	12.000	SIM
SÓDIO ALTA PRESSÃO	50 a 1.000	60 a 130	QUENTE	POBRE	16.000	SIM

12.4.3 CUIDADOS COM LUMINÁRIAS E DIFUSORES

A eficiência de uma luminária depende em grande parte das condições de manutenção das superfícies refletoras e dos difusores.

No caso dos difusores, a solução ideal no plano energético é não utilizá-los, por representarem uma perda significativa de fluxo luminoso. Porém, essa medida depende das características do local atendido, que pode exigir uma maior proteção para as lâmpadas, como também deve ser verificado o aumento no nível de ofuscamento que a retirada desses acessórios pode causar.

Quando for necessário manter os difusores, deve-se procurar substituir aqueles que se tornaram amarelicidos ou opacos, por outros de acrílico claro com boas propriedades de difusão de luz. Para algumas aplicações, um difusor de vidro claro pode ser usado se ele for compatível com a luminária e a instalação. Pudesse afirmar que um difusor opaco provoca uma redução no fluxo luminoso de até 30%, enquanto que no de acrílico claro está redução é da ordem de 10%.

Com relação às luminárias, as superfícies refletoras devem ser mantidas limpas proporcionando boas condições de reflexão. Quando elas se tornarem amarelecidas ou ocorrerem falhas na sua pintura, pode ser interessante pintá-las novamente, procurando utilizar cores claras e refletoras.

Na aquisição ou substituição de luminárias, deve-se escolher um modelo observando as suas características de reprodução de luz. Lembre-se, as luminárias também apresentam parâmetros que influem no rendimento luminoso final do conjunto lâmpada-luminária-difusor.

12.4.4 AVALIAÇÃO DOS REATORES UTILIZADOS

As lâmpadas fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio e outras necessitam para o seu funcionamento da instalação de reatores. Estes equipamentos, a exemplo dos transformadores, também apresentam perdas no cobre e no ferro.

Os reatores de boa qualidade geralmente apresentam perdas reduzidas, consumindo menos energia para o seu funcionamento. Já os de qualidade inferior podem acrescentar mais de 10% ao consumo final do sistema de iluminação. Muitas vezes, a potência efetiva fornecida pelo reator pode ser inferior ao seu valor nominal, reduzindo o fluxo luminoso emitido e comprometendo, freqüentemente, a vida útil das lâmpadas.

Ao adquirir reatores, dê preferência aos de boa qualidade, evitando desperdícios desnecessários de energia elétrica e prejuízos ao sistema de iluminação.

Outro ponto a ser observado é o fator de potência dos reatores. Diversos modelos já possuem compensação, apresentando elevado fator de potência.

Procure usar estes modelos, evitando assim a sobrecarga das instalações de iluminação e o conseqüente aumento das perdas por efeito Joule, bem como o uso desnecessário de capacitores.

12.4.5 CONTROLE EFICIENTE DA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO

Para controlar a iluminação com eficiência é indispensável dispor de equipamento de medição (luxímetro), que permite efetuar controles periódicos das iluminâncias nos diversos locais.

Os resultados devem ser devidamente anotados para que suas variações possam ser seguidas no tempo.

Para serem comparáveis, estas medições devem ser realizadas em pontos definidos e localizados com precisão de acordo com as normas. Nos locais onde houver interferência da iluminação natural, as medições devem ser feitas à noite.

12.4.6 MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Nos sistemas de iluminação, um dos principais fatores de desperdício de energia elétrica é a manutenção deficiente. De fato, a instalação que não apresenta uma manutenção adequada se degrada com o tempo, determinando uma queda representativa do fluxo luminoso e conseqüente diminuição da iluminância nos ambientes. Isto exige uma maior potência instalada para o atendimento das normas de iluminação.

Com intervenções programadas a iluminância melhora significativamente, permitindo a utilização de um menor número de lâmpadas, proporcionando portanto economia de energia elétrica. A experiência mostra que a implantação de um programa eficiente de manutenção pode proporcionar ganhos de até 30% no consumo de energia.

Estes programas normalmente compreendem dois tipos básicos de intervenção: limpeza das luminárias e substituição sistemática das lâmpadas.

O quadro abaixo apresenta a redução da iluminância que ocorre num sistema de iluminação com luminárias fechadas, com lâmpadas fluorescentes de 40W e reatores de partida rápida, operando 2.600 horas por ano, em função do programa de manutenção aplicado.

REDUÇÃO DA ILUMINÂNCIA	
PROGRAMA DE MANUTENÇÃO	Redução da Iluminância Inicial Após 3 Anos de Operação.
Limpeza das luminárias e substituição de todas as lâmpadas a cada 3 anos.	43 %
Limpeza das luminárias a cada 1,5 anos e substituição de todas as lâmpadas a cada 3 anos.	37 %
Limpeza das luminárias e substituição da metade das lâmpadas a cada 1,5 anos.	33 %
Limpeza das luminárias e substituição de 1/3 das lâmpadas a cada ano.	28 %

Conforme as características da empresa, um estudo de custo/benefício permitirá determinar o ciclo de manutenção, definindo o espaçamento e a natureza das intervenções a serrem feitas cada vez que a iluminância mínima aceitável for alcançada. Trata-se, basicamente, de comparar o custo global das intervenções durante a vida útil médias das lâmpadas com a economia de gastos em energia elétrica proporcionada por estas intervenções.

12.5 ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA DE MANUTENÇÃO VOLTADO À ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

O Programa de Manutenção de uma empresa deve ser elaborado e implementado levando-se em conta os conceitos de uso racional de energia, bem como as características próprias do processo produtivo. Os resultados obtidos serão certamente mais que proporcionais ao esforço empreendido neste sentido.

Na elaboração do Programa de Manutenção devem ser considerados, no mínimo, os seguintes pontos:

- Análise das perdas existentes em todos os pontos da instalação;
- Avaliação da importância dessas perdas, justificando as obras que se fizerem necessárias para sua redução;
- Adoção de medidas adequadas a cada um dos sistemas existentes na instalação (caldeiras, circuitos de distribuição, centrais de ar comprimido, etc.);
- Consulta aos fornecedores dos equipamentos utilizados na empresa, adotando suas recomendações para a manutenção adequada dos mesmos;
- Organização de uma biblioteca e de uma memória técnica de toda a instalação, permanentemente atualizadas;
- Implantação do uso de planilhas de inspeção e gerenciamento para facilitar o acompanhamento do Programa e avaliar seus resultados;

13. PREVENÇÃO DE PERDAS ATRÁVES DA TERMOGRAFICA

13.1 INSPEÇÃO TERMOGRAFICA POR INFRAVERMELHO

As pesquisas revelam que 25 a 30 % das causas de incêndios estão associadas a falhas nos sistemas elétricos. Sobrecargas ou defeitos em equipamentos e instalações elétricas podem gerar "pontos quentes" que acabam causando a ignição de materiais combustíveis. A termografia por infravermelho é a técnica de identificação de "pontos quentes" em equipamentos e instalações industriais. Esses *pontos quentes* indicam perda de energia ou falha iminente do equipamento, sendo, portanto uma fonte potencial de incêndio.

A termografia utiliza equipamentos de termovisão - que convertem radiação infravermelha invisível -calor - em radiação visível - *imagem colorida* - permitindo a visualização dos pontos sobreaquecidos, sem qualquer desmontagem ou intervenção física nos equipamentos, os quais são analisados durante suas condições normais de operação.

A identificação antecipada desses problemas representa uma redução nos custos de manutenção preventiva e corretiva da empresa, além de reduzir de modo considerável não só o risco potencial de incêndio, como também o potencial de interrupção inesperada de atividades.

Causa de incêndios (de um total de 113 eventos em 1996, na Suíça) é apresentado na figura 13.1.

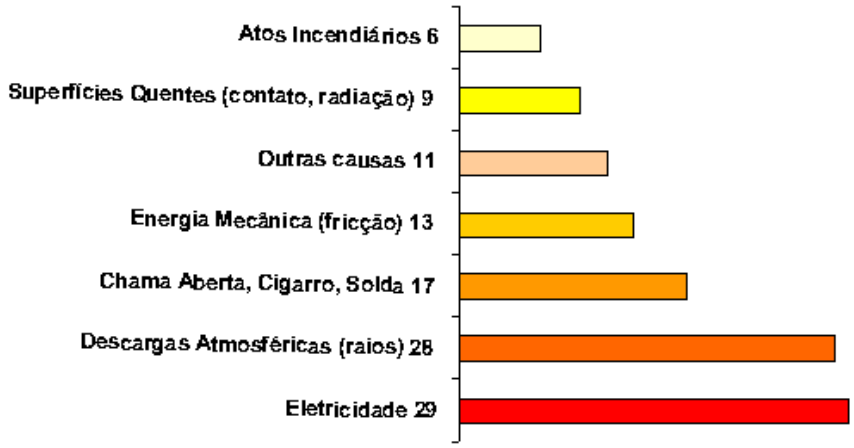


Figura 13.1 - Causas de incêndios.

13.2 ÁREAS DE APLICAÇÃO

Na industria as inspeções termográficas são empregadas principalmente para:

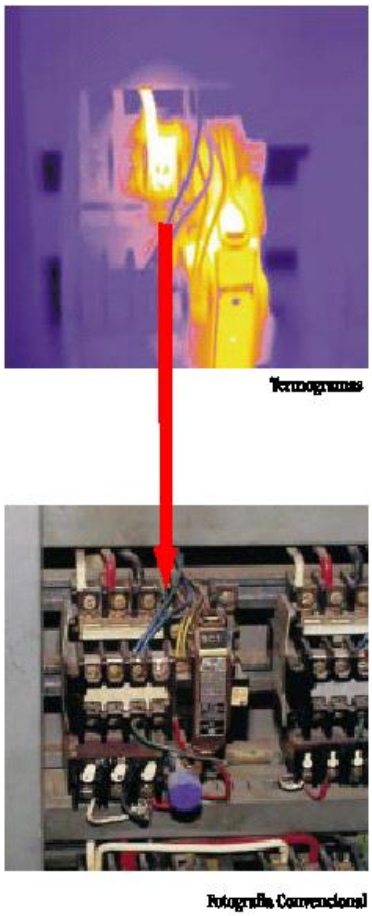
- Analisar o estado das instalações elétricas e subestações de energia;
- Verificar isolamento térmico e espessura de paredes;
- Verificar a temperatura de mancais de máquinas;
- Detectar umidade e vazamentos (ruptura) de tubulações.

Os sistemas e os componentes críticos a serem inspecionados são definidos previamente em conjunto com o cliente. Defeitos identificados ao longo da inspeção são registrados através de termogramas *(fotografias por infravermelho*). Após a inspeção, é elaborado um relatório, incluindo

tanto as fotografias convencionais como os termogramas, para uma melhor avaliação dos componentes analisados.

A figura 13.2 mostra uma foto convencional de um painel de controle e seu respectivo termograma. As áreas brancas indicam cabos mal conectados que apresentam um risco de interrupção de operação, podendo inclusive, levar a uma interrupção de negócios.

O simples reaperto dessas conexões melhora o desempenho da instalação e reduz o risco de uma parada inesperada.



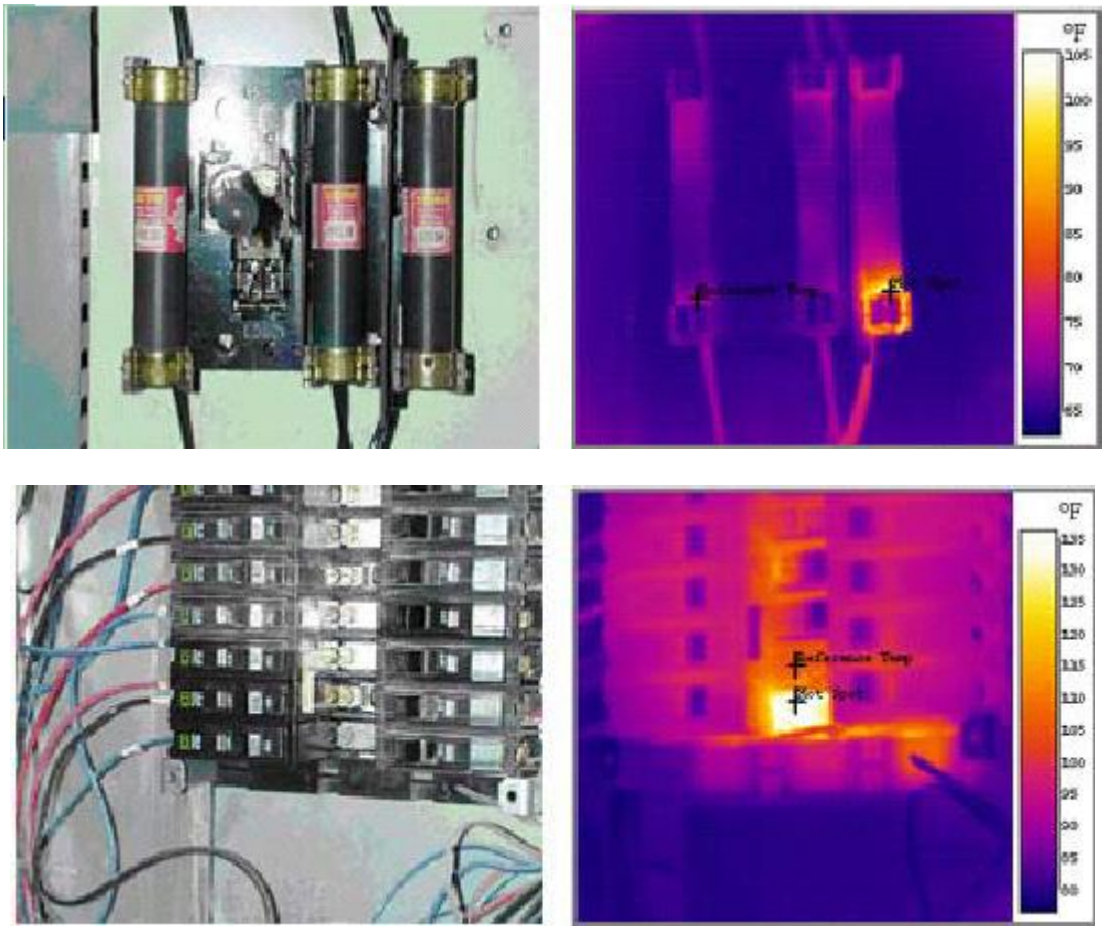
Figuras 13.2

Benefícios da termografia por infravermelho:

A detecção antecipada de defeitos iminentes, realizadas através de uma inspeção termográfica, além de identificar perigos potenciais de incêndio, permite também:

- Evitar danos ao maquinário e seus componentes;
- Planejar antecipadamente as medidas de manutenção;
- Aumentar o nível de disponibilidade do maquinário;
- Otimizar processos e métodos de trabalhos nas instalações;
- Estender a vida útil de seus componentes;
- Melhorar a segurança das instalações.

Exemplo de aplicação de termografia infravermelho:



13.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO:

Os serviços de manutenção classificam-se como preventivos e corretivos.
A Manutenção Preventiva classifica-se como periódica e aperiódica.

Manutenção Preventiva Periódica: caracteriza-se pela programação antecipada e periódica dos serviços. Tais periodicidades são estabelecidas em função de diversos parâmetros tais como:

- Tempo e N¼. de operações.
- Regime de operação e desempenho do equipamento.
- Resultado de inspeções, ensaios e análises.
- Condições ambientais.
- Ano de fabricação do equipamento e recomendações do fabricante.
- As periódicas subdividem-se em parciais (MPPP) e gerais (MPPG).

Manutenção aperiódica: São resultado de inspeções prévias, ensaios e testes que indicam anomalia no funcionamento do equipamento, necessitando correção.

Manutenção corretiva: Ocorre imediatamente após a falha do equipamento, objetivando recuperá-lo rapidamente.

UNIDADES BÁSICAS PARA MANUTENÇÃO

A programação de manutenção preventiva das subestações é elaborada especificamente para cada tipo de equipamento.

Caberá ao Cliente através de seus critérios, registros e programa de manutenção até então executado, fornecer o novo programa de manutenção priorizando equipamentos e SEs entre si.

Entretanto ressaltamos que dentro de uma proposta de trabalho, todas as SEs. serão inspecionadas pelos critérios de inspeção parcial e inspeção geral adiante descritos, afim de se preparar um diagnóstico atualizado para o programa de manutenção.

TIPOS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO PROPOSTA

Inspeções

A. Quinzenal: Trata-se de uma inspeção periódica a ser realizada quinzenalmente por técnico especialista responsável.

B. Semestral: Trata-se de um serviço detalhado de inspeção periódica, realizado por equipe de técnicos composta de engenheiro e técnicos especialistas em equipamentos principais, equipamentos auxiliares, comandos, controles e telecomando.

C. Com Termovisor: Serão verificados os "pontos quentes" existentes em transformadores, reatores, reguladores de tensão, seccionadoras, disjuntores, pára-raios, painéis, cubículos, barramentos e conexões em geral.
Periodicidade: Semestral e excepcionalmente quando necessário.

As anomalias encontradas serão registradas em impresso apropriado denominado "Medição de Temperatura por Termovisão".

MANUTENÇÕES

As manutenções colocadas a disposição do cliente são:

- Manutenção Preventiva Periódica Parcial (MPPP)
- Manutenção Preventiva Periódica Geral (MPPG)
- Manutenção Preventiva Aperiódica (MPA)
- Manutenção Corretiva (MC)

A periodicidade das MPPP geralmente é duas a três vezes maior que as MPPG e realizadas conforme programação, conforme se verifica pelo quadro "Periodicidade de Manutenção em Equipamentos".

As manutenções corretivas serão executadas quando da falha ou iminência de falha dos equipamentos. Esta disponibilidade para atendimentos em emergências consta desta proposta, objetivando contemplar o Cliente com esta modalidade de atendimento especial e possível, considerando que as equipes uma vez montadas e instaladas estarão a disposição da Cliente durante o transcorrer do contrato.

SERVIÇOS PROPOSTOS COM SERIEDADE

- Atualização de Desenhos e Diagramas.
- Levantamento no local e desenho dos diagramas unifilares das SEs. e funcionais dos comandos dos equipamentos e respectivas proteções.

Equipamentos:

- Inspeções, manutenções periódicas, aperiódicas e corretivas nos equipamentos e instalações;

- Análises e regeneração de óleos isolantes;
- Ensaios elétricos nos equipamentos;
- Execução e manutenção periódica em oficinas especializadas.

Comandos e Controles:

- Verificação e ensaios em redes de proteção;
- Correção de anomalias de comando e controles;
- Verificação, correção e substituição de baterias e retificadores.

Automação e Telecomunicações:

- Manutenção de hardware de automação a nível de troca de placas;
- Manutenção nos equipamentos VHF, PABX, KS e FAX;
- Manutenção e localização de defeitos em redes e cabos telefônicos.

TERMOGRAFIA NÃO É BRINCADEIRA

Os termogramas abaixo mostram a evolução tecnológica da termovisão infravermelha.

A imagem da esquerda mostra um termograma confuso, emitido por termovisores de 1ª geração, os quais, apesar de ultrapassados ainda continuam sendo utilizados por empresas tradicionais de prestação de serviço.

TERMOGRAMAS COMO ESTE SÃO ÚTEIS, PORÉM, GERAM MANUTENÇÃO DE ELEVADO CUSTO:

Imagens obtidas com termovisores de ultima geração (termograma da direita), possuem extrema nitidez, o que nos conduz a diagnóstico exatos capazes de gerar o menor custo final de manutenção, reparo e recolocação do equipamento em operações em prazos mínimos.

DOMÍNIO TECNOLÓGICO:

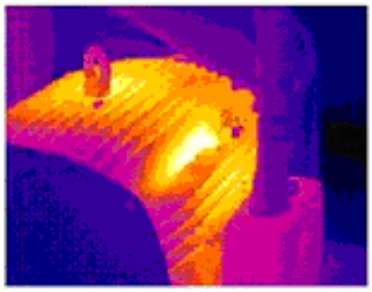
- Sistemas Mecânicos
- Sistemas Elétricos
  - Processos
  - Gerenciamento e Database

PRINCIPAIS PONTOS POSITIVOS:

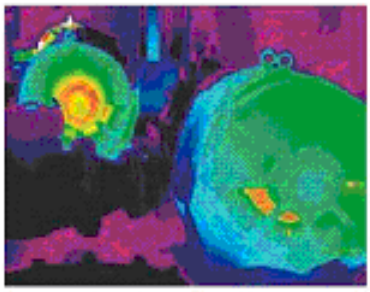
- Vantagens TE

SISTEMAS MECÂNICOS

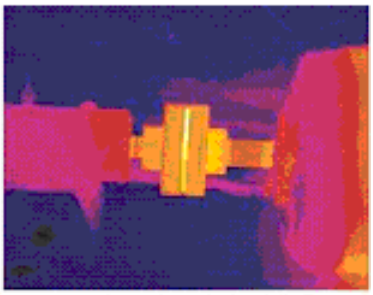
Imagens de alta resolução permitem identificar pontos quentes em máquinas, com o objetivo de diagnosticar defeitos e cruzar técnicas preditivas, como, análise de vibração, lubrificação, análise acústica, etc.



Motores
Ponto Quente - Carcaça



Rolamentos

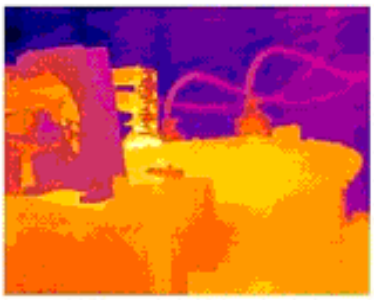


Desalinhamento

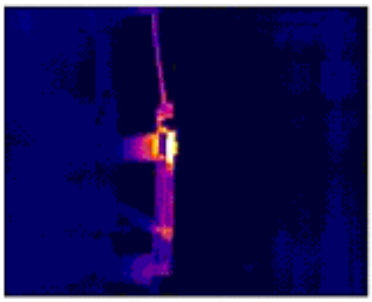
SISTEMAS ELÉTRICOS

Controle térmico em componentes e equipamentos elétricos é imprescindível na indústria, nas instalações prediais e outros, onde uma falha elétrica pode representar grandes prejuízos econômicos e comprometer a **SEGURANÇA DE VIDAS HUMANAS**.

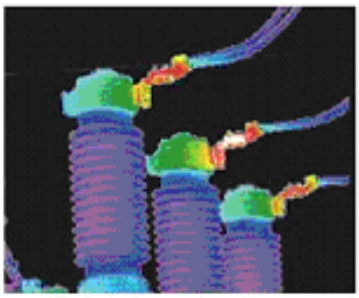
SISTEMAS ELÉTRICOS - ALTA TENSÃO



TRANSFORMADORES

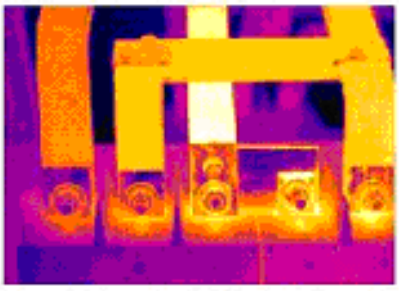


CHAVES

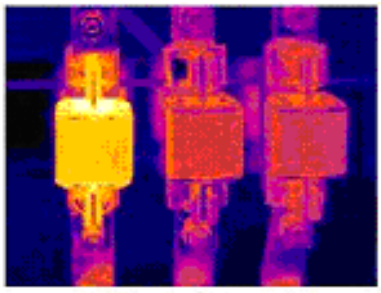


SUBESTAÇÕES

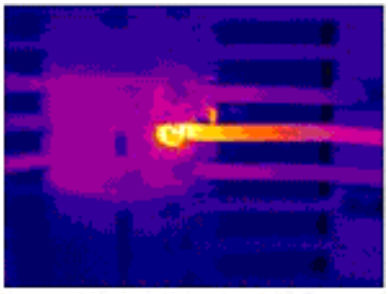
SISTEMAS ELÉTRICOS - BAIXA/MÉDIA TENSÃO



BARRAMENTOS



PAINÉIS

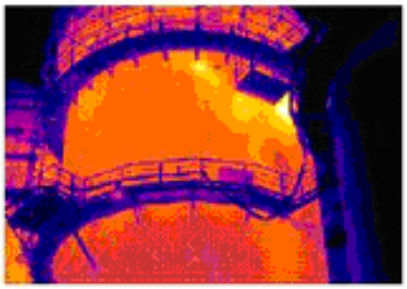


COMPONENTES

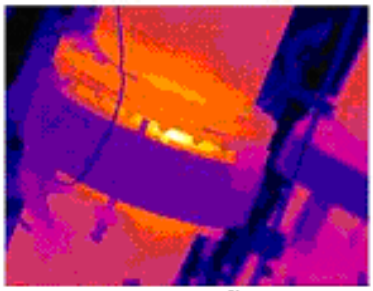
PROCESSOS

Controle térmico, principalmente em sistemas com isolamento, geram enormes benefícios econômicos e para a segurança industrial de um modo geral. Falhas térmicas em refratários são

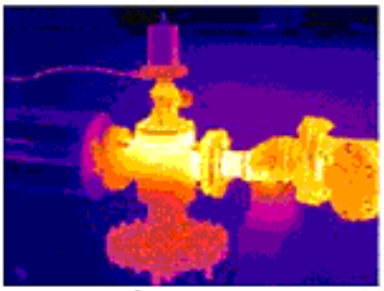
extremamente onerosas e danosas para as indústrias e **COLOCAM EM RISCO VIDAS HUMANAS**.



FORNOS

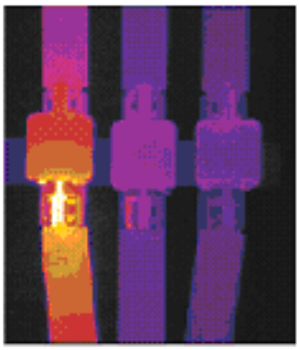


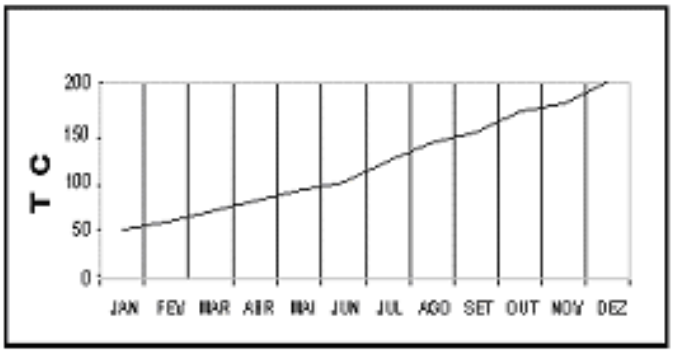
TUBULAÇÕES



VÁLVULAS

A MAIOR MODERNIDADE EM OPERAÇÃO E GERENCIAMENTO





CÓDIGO DE BARRAS

STATUS DA MÁQUINA
CONFIRMAÇÃO DE VISITA
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO

AS 10 MAIORES VANTAGENS TE

01 - Termograma foto digital;
02 - Medição em movimento;
03 - Maior rapidez de coleta;
04 - Foco infinito independente do meio ambiente;
05 - Sistemas Multi-Mídia com gravação de voz e texto;
06 - Sistema de registro de visita com código de barras;
07 - Gestão Ultra-Extratificada;
08 - Melhor sistema de relatórios individuais e gerenciais;
09 - Mão-de-Obra Multi-Tarefa;
10 - Melhor relação custo benefício.

14. MEDIDAS DE TEMPERATURA SEM CONTATO

14.1 Método da Radiação I

- O sensor de temperatura deve ler a mesma temperatura do corpo que está sendo medido.

- Um grande problema é a aplicação de termômetros de contato na medição de temperaturas de corpos em movimento.
- Ao desejarmos determinar as variações de temperatura na superfície de um objeto, um aparelho não conectado pode rapidamente passar por toda a superfície.

14.2 Método da Radiação II

- Para resolver este tipo de problema, foram desenvolvidos os Sensores de Radiação, mais comumente denominados "PIRÔMETROS".

Principais famílias de Pirômetros:

- Pirômetro de Radiação
- Pirômetro Óptico

14.3 Princípio Básico de Operação dos Pirômetros

Os sensores de temperatura de radiação operam com radiação eletromagnética cujo comprimento de onda esteja na faixa visível e no infravermelho que vai de 0,3 a 0,72 μ.

A radiação do Corpo Negro I

- Um corpo negro ideal é aquele que absorve (em todas temperaturas) toda a radiação que incide nele e sua potência absortiva será 1, independentemente da direção da radiação.
- Na prática, a maioria dos corpos não se comporta dessa maneira e possui, conseqüentemente, uma potência absortiva menor do que 1.

A radiação do Corpo Negro II

- Um corpo negro ideal também se comporta como um irradiador ideal. Assim, um corpo negro ideal emite mais energia do que um corpo comum. Essa "Potência Emissiva" pode ser chamada "Emissividade" e no caso do corpo negro, vale 1.

A radiação do Corpo Negro III

- As emissividades não são propriedades simples dos materiais tal como a densidade, porém, depende da dimensão do corpo, forma, aspereza da superfície, etc.
- Esta dependência de outras grandezas leva à incerteza nos valores numéricos das emissividades, que são um dos principais problemas nas medidas de temperaturas por radiação.

A radiação do Corpo Negro IV

- A emissividade das superfícies não é a mesma para todos os comprimentos de onda; em geral, a emissividade é maior em comprimentos de onda menores e a emissividade de óxidos e outros materiais refratários é maior para comprimentos de onda maiores.

- Um irradiador que se comporte como um corpo negro pode ser obtido através de um dispositivo com uma cavidade, como um forno, por exemplo (figura 1), tendo uma pequena abertura, por onde a radiação pode ser emitida.

A radiação do Corpo Negro V

Para entender como o sistema funciona como um corpo negro é necessário considerar uma radiação entrando na pequena abertura.

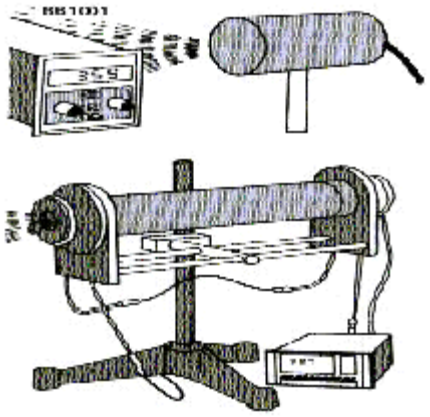
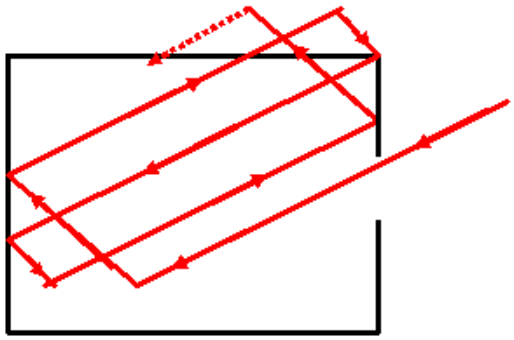


Figura 1 - Forno tipo "corpo negro"

A radiação do Corpo Negro VI

A radiação sofre múltiplas reflexões nas paredes internas do forno, antes de escapar pela superfície. Como as paredes internas do forno não refletem perfeitamente a radiação, em cada reflexão uma parte da radiação é absorvida. Consequentemente, após muitas reflexões, a quantidade de radiação que consegue escapar pela abertura é muito pequena. O material excitado irradia energia de uma forma constante, que mina da janela, podendo ser aplicado em processos de calibração de pirômetros.



Fontes de Erro de leitura de Detectores de Radiação

- Emitância
- Perda de energia na propagação da onda eletromagnética:

Ao propagar-se por um meio material, a onda elétromagnética perde energia, havendo redução de intensidade do sinal quando este chega ao detector de radiação. Geralmente o caminho óptico consiste de algum gás e várias janelas, lentes ou espelhos para focalizar a radiação ou proteger elementos sensíveis.

14.4 Detetores de Radiação

Detetores de Radiação I

- Em todos os termômetros de radiação, a radiação do corpo a ser medido é focalizada no detetor de radiação que produz um sinal elétrico, podendo o sensoriamento ser feito por:
    - Detetor Térmico
    - Detetor de Fótons

Detetores Térmicos

- Os Detetores Térmicos são elementos enegrecidos projetados para absorver o máximo de radiação incidente. A radiação absorvida provoca o aumento de temperatura do detetor até que se atinja o equilíbrio com perdas de calor para o meio vizinho.
- Os detetores térmicos medem esta temperatura, usando um termômetro de resistência ou o princípio dos termopares.

Detetores Fotoelétricos I

- Nos detetores de fótons, a radiação incidente (fótons) libera elétrons na estrutura do detetor e produz um efeito elétrico mensurável.
- Este tipo de detecção tem uma resposta alta, porém, a sensibilidade dos detetores de fótons varia com o comprimento de onda.
- Os detetores de fótons em geral operam nos modos fotocondutivos, fotovoltaicos e fotoeletromagnéticos.

Detetores Fotoelétricos II

- Detetores Fotocondutivos - Exibem uma resistência elétrica que muda o nível de radiação incidente.
- Detetores Fotovoltaicos - empregam uma barreira fotosensitiva de alta resistência, depositada entre duas camadas de material condutor. Ocorre uma d.d.p. entre essas duas camadas quando a célula é exposta a radiação.
- Detetores Fotoeletromagnéticos - Utiliza-se o efeito Hall, sendo que um cristal fica sujeito a um intenso campo magnético que gera uma ddp através das extremidades do cristal.

14.5 Pirômetros Ópticos

Pirômetros Ópticos I Aspectos Gerais

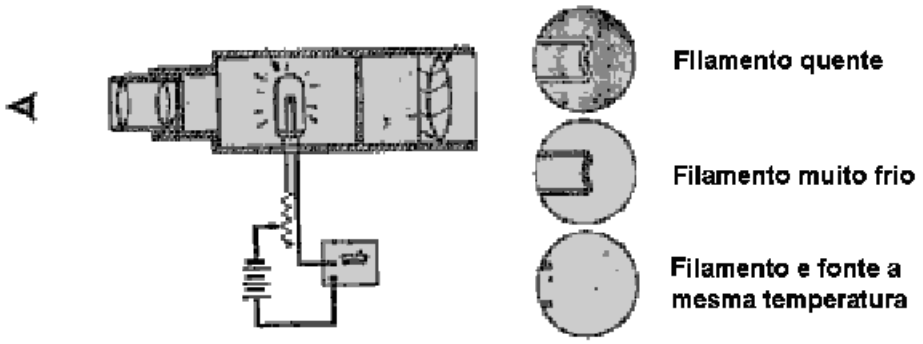
Os pirômetros óticos medem temperatura por comparação: eles selecionam uma faixa específica da radiação visível (geralmente o vermelho) e compara com a radiação de uma fonte calibrada. A lente objetiva é focalizada de modo a formar uma imagem do objeto no plano do filamento da lâmpada; a ocular é focalizada sobre o filamento. Ambas as lentes estão simultaneamente em foco, com o filamento do pirômetro atravessando a imagem da fonte de radiação.

Pirômetros Ópticos II Aspectos Gerais

- A energia radiante é medida por comparação fotométrica da claridade relativa de um objeto de temperatura desconhecida com uma fonte de brilho padrão, como um filamento de tungstênio.

- A comparação da claridade é feita pelo observador e é dependente da extrema sensibilidade do olho humano e a diferença de claridade entre duas superfícies da mesma cor.

Pirômetros Ópticos III



Pirômetros Ópticos IV

Nos pirômetros ópticos modernos, a comparação de claridade é feita por dois métodos:

- Variando-se a corrente através do filamento da fonte padrão até que sua claridade se iguale àquela do objeto medido;
- Variando-se opticamente a claridade observada da imagem do objeto, até que se iguale à do filamento da lâmpada padrão, enquanto se mantém constante a corrente através da lâmpada.

Pirômetros Ópticos V Aplicações

- São aplicados em laboratórios e indústrias para medir temperaturas acima de 750^{o}C;
- Industrialmente são usados para medidas inacessíveis como fusão de metais, interiores de fornos, temperaturas de superfícies e filamentos incandescentes;
- Processos de calibração para pirômetros de radiação e termopares com tubos protegidos.

14.6 Tipos de Pirômetros Ópticos

Tipos de Pirômetros Ópticos I

Três tipos básicos de pirômetros Ópticos são geralmente utilizados:

- Pirômetro Óptico de Leeds e Northrup
- Pirômetro Óptico de Telescópico
- Pirômetro Óptico de ajustamento de claridade

Tipos de Pirômetros Ópticos II

Pirômetro Óptico de Leeds e Northrup

- A lente objetiva forma uma imagem da fonte quente no plano do filamento de uma lâmpada incandescente.
- O usuário observa a imagem e o filamento através de um dispositivo que contém um filamento de vidro vermelho e com um a ajuda de um reostato ajusta-se a corrente no filamento da lâmpada até que a claridade se iguale a claridade da imagem da fonte.
- A corrente no filamento é então a temperatura correspondente e é obtida com a referência de uma curva de calibração.

Tipos de Pirômetros Ópticos III

Pirômetro Óptico Telescópico

No Pirômetro Óptico Telescópico, faz-se a leitura direta da temperatura de um corpo negro. O princípio de operação é o mesmo que o Pirômetro de Leeds, porém, o sistema óptico é projetado para fornecer uma imagem melhorada da fonte, alta ampliação do filamento (25 vezes), eliminação de difração e efeitos de reflexão nas bordas do filamento e um campo de observação nítido.

Tipos de Pirômetros Ópticos V

Pirômetro Óptico de ajustamento de claridade

Este pirômetro é baseado no princípio de ajustamento da claridade observada da imagem do objeto até que esta se iguale à intensidade do filamento da lâmpada padrão sendo que este último é mantido em um valor constante.

14.6 Pirômetros de Radiação

Pirômetros de Radiação I Aspectos Gerais

- A Pirometria de Radiação relaciona a temperatura de um corpo negro com a sua radiosidade ou potência emissiva.
- A emissividade de uma substância é função de sua temperatura e direção do ângulo de observação da radiação emitida.

Tipos de Pirômetros de Radiação I

Três tipos básicos de pirômetros de radiação são geralmente utilizados:

- Pirômetros de faixa Larga
- Pirômetro de passagem de faixa única
- Pirômetro de relação de duas cores

Tipos de Pirômetros de Radiação II

Pirômetros de faixa Larga

Procuram medir a maior quantidade possível de energia radiante emitida pelo corpo quente, sendo por isso chamado PIRÔMETRO DE RADIAÇÃO TOTAL. São utilizados geralmente para indicações e controle automático industrial, cobrindo todas as faixas de temperatura.

Tipos de Pirômetros de Radiação III

Pirômetro de passagem de faixa única:
Funcionam numa faixa estreita, escolhida, do espectro de energia com centro num ponto desejável.

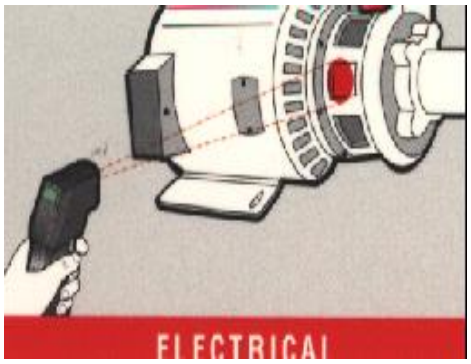
Tipos de Pirômetros de Radiação IV

Pirômetro de relação de duas cores:
Mede a energia recebida de duas faixas estreitas e divide uma pela outra. Se as duas faixas escolhidas de modo a haver muito pouca mudança da emissividade de uma para a outra (faixas próximas), o fator de emissividade praticamente se anula.

14.7 Pirômetros Fotoelétricos

Tanto o pirômetro de radiação total como o óptico dificilmente se prestam para medições dinâmicas; além disso, no caso do pirômetro óptico, a acuidade visual do operador pesa no resultado final, o que não é interessante.

- Os pirômetros fotoelétricos normalmente empregam sensores que atual na faixa do infravermelho;
- Abrangem uma faixa de temperatura maior do que os pirômetros de radiação total e óptico;
- São mais rápidos, respondendo na casa dos milisegundos.



- Sensores de infravermelho não só operam em altas temperaturas, mas também podem ser usados nos chamados processos industriais a frio (forjamento, extrusão, trefilação, etc..). Sua faixa de uso pode ser descrita de 0 a 3.600°C.

Os pirômetros fotoelétricos possuem basicamente a mesma estrutura de um pirômetro de radiação total, só que o sensoriamento da temperatura é feito por um fotodiodo, e, conseqüentemente o circuito de leitura/processamento do sinal é diferente dos processos anteriores.
Os fotodiodos são junções P-N (Si ou Ge), onde a radiação incidente atinge a região da junção; esses diodos são operados com tensão reversa. Nessas condições, os elétrons não possuem energia suficiente para cruzar a barreira de potencial. Entretanto, com a radiação incidente, a colisão dos fótons com os elétrons fará com que os elétrons ganhem energia e cruzem a junção. A energia transportada pelos fótons depende de seu comprimento de onda.

14.8 Calibração de Pirômetros

Calibração de Pirômetros I

1º Método:

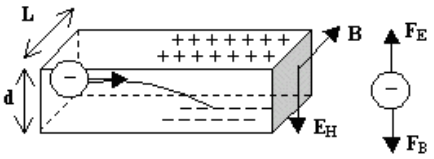
Uma curva de calibração de corrente versus temperatura pode ser obtida igualando-se o brilho do filamento do Pirômetro com o brilho do forno de corpo negro, mantido a várias temperaturas padrão, como por exemplo, o ponto de fusão de metais puros.

Calibração de Pirômetros II

2º Método:

Utiliza-se uma fonte de corpo negro a uma única temperatura, precisamente conhecida. A claridade aparente desta fonte é reduzida quantitativamente pela interposição de anteparos de vidros absorventes ou setores rotatórios entre a fonte e o pirômetro. Pode-se desta forma, obter vários pontos de calibração.
Observação: Este método é muito aplicado a Pirômetros ópticos.

O EFEITO HALL



Tem-se uma fita condutora com seção reta A (=Ld) através da qual circula um feixe de elétrons com velocidade v.
Aplicando-se um campo magnético na direção horizontal, conforme indicado na figura, resulta numa força magnética na direção perpendicular ao movimento eletrônico, no sentido de cima para baixo. Esta força fará com que o movimento dos elétrons seja desviado para baixo. Com o tempo, cargas negativas acumulam-se na face inferior, e cargas positivas na face superior. O excesso de cargas positivas e negativas funciona como um capacitor de placas paralelas, com um campo elétrico conhecido como campo Hall.

REFERÊNCIAS:

COSTA, Neylson Barreto. *Relatório de Estágio.* CT-DEE, Dezembro de 2000.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. ***Apostila: Medidas Elétricas.*** Cornélio Procópio: Publicação Interna CEFET-PR/CP, 1998.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. ***Prevenção e Controle de Riscos em Máquinas, Equipamentos e Instalações: PCRMEI "Elétrica".*** Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2005.

FINOCCHIO, Marco Antonio Ferreira. ***Prevenção e Controle de Riscos em Máquinas, Equipamentos e Instalações: PCRMEI "Mecânica".*** Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2005.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. *Manutenção: Função Estratégica.* Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 1998.

PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PARA ECONOMIA DE ENERGIA, Agência para Aplicação de Energia, CESP/CPFL/ELETROPAULO/COMGÁS, São Paulo, 1993.

SANTOS, J. J. Horta. *Manutenção Elétrica Industrial*. Manual NTT - Núcleo de Treinamento Tecnológico.

SEBASTIÃO, Arlindo Ferreira; NOVO, Luiz Antonio Quintanilha. *Manutenção Elétrica na Indústria*, , Manuais CNI.